image
not
available





EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS DE 1867.

CHEMINS DE FER

LES

LOCOMOTIVES

ET LE

MATÉRIEL DE TRANSPORT

EXAMEN DES DIVERS SYSTÈMES APPLIQUÉS EN EUROPE ET EN AMÉRIQUE

PAR

ERNEST TAILLARD,

INGÉNIEUR

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE DES MINES ET DES ARTS ET MANUFACTURES DE LIÉGE

1er VOLUME. — TEXTE.

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

Quai des Augustins, 49

1867

INTRODUCTION

Les chemins de fer, qui ont tant contribué à l'élévation et au perfectionnement de notre société moderne, se sont développés d'une manière extraordinaire. Partout, ils ont porté la civilisation et le bien-être, en rapprochant les hommes les uns des autres et en favorisant l'échange des produits des nations.

La question des chemins de fer se rattache à toutes les branches de l'activité humaine; elle touche aux lois de l'économie sociale, à nos intérêts et parfois même à notre vie. Et ne suffit-il pas de se reporter à une époque peu lointaine de nous, pour découvrir les immenses bienfaits que les voies ferrées ont répandus dans le monde entier. Sommes-nous arrivés au terme de ces bienfaits? Non, car

le progrès ne s'arrête pas. Nous marchons invinciblement vers des voies meilleures, qui assurent à la société future des avantages dont nous ne pouvons encore mesurer l'importance.

Les arts mécaniques ont exercé une influence considérable sur les progrès réalisés depuis un demi-siècle ; et, parmi ceux-ci, la création de la locomotive ne peut-elle pas être considérée, à juste titre, comme un chef-d'œuvre qui comptera au nombre des monuments de l'histoire contemporaine ? N'est-ce pas à la science des chemins de fer que nous devons ces travaux gigantesques qui rapprochent les distances, en faisant disparaître les obstacles que la nature, dans ses évolutions, semblait avoir placés pour limites au commerce des hommes ? N'est-ce pas à son influence que nous devons cette fécondité de productions, qui est le trait caractéristique de notre époque ? N'est-ce pas à elle aussi que nous devons journellement la solution de nouveaux problèmes, que font éclore les nécessités croissantes de l'industrie ?

Il y aurait certes de la témérité à affirmer que la locomotive a produit tout ce qu'elle doit produire. Non : les progrès obtenus par elle ne sont qu'une étape vers des améliorations plus grandes, réclamées sans cesse au nom de besoins chaque jour plus pressants. Nous ne ferons pas ici son histoire ; elle est assez connue de ceux à qui nous nous adressons. Mais nous ne pouvons, dès à présent, nous dispenser d'appeler l'attention sur une donnée économique qui renferme en elle l'avenir des voies ferrées : nous voulons parler de la puissance des locomotives.

L'Exposition universelle accuse un caractère international assez accentué, pour qu'elle puisse être considérée

comme représentant la situation générale de la science en Europe et au-delà de l'Atlantique. C'est cette situation générale que nous avons eu en vue de faire connaître dans ses éléments essentiels, en insistant sur les particularités qui sont propres à chaque pays, sur les idées et les tendances nouvelles qui doivent, n'en doutons pas, réagir sensiblement sur une des bases principales de l'existence des chemins de fer : le prix des transports.

Le prix des transports est lié intimement à la puissance de la locomotive. C'est ce dernier point qui éveille constamment l'attention des ingénieurs et qui doit attirer spécialement la nôtre, dans l'examen que nous allons faire des machines du palais du Champ de Mars.

Deux éléments concourent, par leur combinaison, à déterminer la puissance des locomotives : 1° la surface de chauffe, de laquelle dépend la quantité de vapeur produite; et 2° l'adhérence, dont l'intensité est représentée par une fraction du poids qui charge les rails au contact des roues motrices ou accouplées. L'adhérence a d'ailleurs une relation intime avec l'effort de traction, qui n'est, lui, autre chose que la pression de la vapeur transmise aux roues motrices. L'intensité de l'adhérence varie suivant l'état des rails, et, dans la pratique, on admet qu'elle est la sixième partie du poids qui la produit.

En général, le poids des organes des machines est suffisant pour développer une adhérence en rapport avec l'effort de traction dont elles sont capables. On peut donc dire que le poids se développe en même temps que la puissance. Cependant, cette donnée cesse d'être vraie, dans le cas de machines destinées à gravir de fortes rampes, où l'on doit chercher avant tout une forte production de vapeur et un grand effort de traction, avec

un poids du moteur, approvisionnements compris, aussi petit que possible.

Aussi, voyons-nous croître parallèlement la surface de chauffe et le poids des locomotives, à mesure que les nécessités du trafic deviennent plus impérieuses.

Pour apprécier cette vérité, jetons rapidement un coup d'œil sur le passé.

Après que Blackett, en 1812, eut mis en évidence la force d'adhérence, le remorqueur à vapeur devint réellement pratique.

Jusqu'en 1825, les machines, dont le poids était de six à sept tonnes, luttent contre une insuffisance de surface de chauffe, qui tient à l'imperfection de l'appareil à vaporisation. Aussi, la vitesse est-elle seulement de neuf kilomètres à l'heure. La surface de chauffe n'atteint même pas quatre mètres carrés.

Le mémorable concours de 1829, auquel donna lieu l'ouverture du chemin de fer de Liverpool à Manchester, jeta dans le monde la machine de Stéphenson, qui porta la science des locomotives à une si grande hauteur que le temps a respecté l'invention de Séguin, comme il respecte encore le chef-d'œuvre de l'ingénieur anglais. La chaudière tubulaire et l'injection de la vapeur dans la cheminée pour activer le tirage du foyer, n'ont cessé de constituer les fondements de la locomotive; et si, à ces deux perfectionnements, que le génie de Stéphenson s'appropria d'une manière si complète, nous ajoutons celui résultant de l'emploi de la détente et de diverses combinaisons qui ont permis de réduire au treizième la consommation du combustible, nous sommes au bout des innovations. Nous ne parlons pas de l'accroissement des dimensions, ni de la plus grande perfection dans l'exécu-

tion des détails, qui ont contribué, l'un et l'autre, à augmenter la puissance de la locomotive, dont nous allons voir le développement progressif.

La « Fusée » de Stéphenson pesait quatre tonnes. Sa surface de chauffe dépassait onze mètres carrés. Elle marchait à la vitesse de vingt-cinq kilomètres à l'heure.

En 1835, les locomotives atteignent un poids de treize tonnes et une surface de chauffe de quarante-cinq mètres carrés. La vitesse dépasse quarante kilomètres à l'heure.

Dix ans plus tard, le poids est porté à trente tonnes, avec une surface de chauffe qui va au-delà de soixante-dix mètres carrés.

En 1850, un peu après l'apparition du type Crampton, le poids des machines est de trente-six tonnes; la surface de chauffe atteint cent et trente mètres carrés. On roule à quarante-cinq kilomètres à l'heure.

En même temps, le poids brut, remorqué sur les lignes dont les pentes ne dépassent pas cinq millimètres, s'élève successivement à quarante, à cent, à deux cents et à trois cents tonnes.

Un progrès plus grand encore a lieu en 1855 : la machine Engerth passe dans la pratique. Elle pèse cinquante-six tonnes, et sa surface de chauffe est bien près d'atteindre deux cents mètres carrés. Sept cents tonnes sont remorquées par elle à la vitesse de vingt-trois kilomètres à l'heure.

Mais nous n'avons pas fini avec les augmentations de la puissance de la locomotive!

Le système Petiet apparaît en 1862 et est mis en usage l'année suivante : on atteint des chiffres qui ne sont nullement comparables à ceux fournis par les locomotives précédentes.

La machine de l'ingénieur français pèse soixante tonnes, avec une surface de chauffe supérieure à deux cent et vingt mètres carrés. Elle est capable de remorquer neuf cent trente-deux tonnes!

A cette énumération déjà longue, ajoutons les types Meyer qui nous promettent une surface de chauffe dépassant trois cents mètres carrés.

Aussi peut-on atteindre aujourd'hui un effort réel de traction de près de huit mille kilog.

Parallèlement à ces accroissements successifs et à cause sans doute des progrès réalisés, autant dans l'art de construire que dans les arts métallurgiques, nous voyons décroître le prix des locomotives. Ainsi, pour ne citer que des faits encore présents à la mémoire de tous, le prix du kilog. qui était de deux francs dix centimes en 1855, descend à deux francs, à un franc quatre-vingt-cinq centimes, puis à un franc soixante-quinze, pour tomber, en 1867, au-dessous d'un franc soixante centimes!

Ceci ne prouve-t-il pas la solidarité qui unit les diverses branches de l'industrie et qui les force à accomplir, chacune dans son domaine, les progrès réclamés par les nécessités nouvelles?

Où s'arrêtera-t-on dans cette voie des développements apportés au poids et à la surface de chauffe du remorqueur à vapeur? Nous craindrions de tirer des inductions trop hâtives qui seraient exposées à se voir aussitôt démenties par les événements,

En ce qui concerne les machines puissantes, il y a lieu toutefois de ne pas perdre de vue leur prix élevé, la force de traction perdue lorsqu'elles exigent des réparations, l'usure plus grande qu'elles occasionnent à la voie,

et enfin la nécessité de construire plus solidement les travaux d'art.

Si l'on tient compte des hardiesses toujours croissantes du tracé des chemins de fer et de la résistance actuelle des rails, il paraît certain qu'on a atteint la limite du nombre d'essieux qu'il est possible de placer sous la machine. Dépasser cette limite serait exposer la voie à une prompte désorganisation. Nous ne parlons ici que des types déjà répandus dans la pratique, laissant de côté, pour le moment, les divers systèmes d'articulation que nous avons examinés en leur lieu et place.

Mais aujourd'hui que l'acier fondu, en subissant un abaissement considérable de prix, a conquis une suprématie incontestable sur le fer, qui sait si les résultats d'une plus longue expérience des convertisseurs Bessemer, ne vont pas nous faire assister à une de ces révolutions industrielles amenées par le rapprochement des conditions de production de ces deux métaux? Et, dans cette éventualité, qui n'est pas invraisemblable et pour l'appréciation de laquelle il faut évidemment tenir compte des frais d'entretien et de réfection de la voie, que deviendra la locomotive dont la puissance ne sera plus limitée par la résistance des éléments qui doivent la supporter? Voilà certes une question pleine d'intérêt et qui peut apporter de profondes modifications aux conditions économiques qui régissent actuellement les transports.

La classification que nous avons adoptée dans l'examen des locomotives était naturellement établie par l'ordre des distinctions qu'elles ont obtenues.

Nous nous sommes attaché surtout à faire ressortir, en

caractères généraux, les inconvénients et les avantages de chaque œuvre, imposant à nos appréciations une réserve justifiée par de nombreuses circonstances. On ne peut méconnaître, en effet, l'influence qu'exerce sur l'adoption d'un système quelconque, les nécessités locales, les conditions du trafic, la nature des lignes et du service des machines et même les aspirations de chaque peuple. Tel système excellent ici prête ailleurs à la critique.

Sans faire entrer en ligne de compte les nombreux dessins et modèles, l'Exposition universelle nous montre trente-deux machines représentant les diverses nations, dans la proportion suivante :

La Belgique.	5	locomotives.
La Prusse	2	—
Le Grand-Duché de Bade . .	1	—
Le Wurtemberg. . . .	1	—
La Bavière.	1	—
L'Autriche.	3	—
L'Amérique.	1	—
L'Angleterre.	5	—
La France.	13	—

Le caractère général de l'ensemble est excellent. Partout il se manifeste une amélioration visible dans l'art de construire. Les locomotives exposées attestent un double progrès : moindre poids pour un même volume et qualité supérieure des matières mises en œuvre.

Le travail atteint une perfection inconnue jusqu'ici. Cela ne veut pas dire que toutes les machines soient bien construites, car il y en a dont le travail est réellement mauvais. Mais à côté d'imperfections qui sont

incompatibles avec les derniers progrès des arts mécaniques et qui exercent une si fâcheuse influence sur la marche et l'effet utile du moteur, nous ne saurions nous empêcher de constater la bonne exécution générale.

Dans cette voie de l'excellence du travail, la section française accuse surtout des progrès considérables. Les machines allemandes sont sans rivales sous le rapport de la qualité des matières dont elles sont construites. L'Angleterre maintient son ancienne réputation de constructeur. L'exécution de plusieurs machines belges atteint une grande perfection, qui prouve ce dont ce pays est capable.

Au point de vue de la beauté des formes, la palme appartient sans conteste aux machines françaises et anglaises. Les premières allient la force à l'élégance; les secondes, la simplicité des organes à l'harmonie des diverses parties. Et qu'on ne dise pas que les lois esthétiques, qui sont générales, peuvent être méconnues impunément! car on pourrait affirmer souvent à priori qu'une machine dont les organes sont disgracieux, est une mauvaise machine. Les locomotives des rives du Rhin et du Danube affectent la forme un peu massive, qui est propre aux moteurs du Nord. Cette forme se ressent d'ailleurs des préoccupations des ingénieurs à l'endroit des constructions qui protégent généralement en Allemagne les conducteurs de machines.

Hâtons-nous de signaler les particularités les plus saillantes que révèle le concours international de Paris.

Le compartiment belge nous montre plusieurs bonnes machines qui ne s'écartent guère des types consacrés par la pratique courante. Nous devons citer cependant la machine à fortes rampes du système Vaessen, à six

roues couplées et à train-bogie, dit train universel. Cette locomotive possède une assez grande aptitude au franchissement des courbes de petits rayons, et elle doit cette aptitude à une disposition à plans inclinés qui permet le déplacement latéral des essieux. Un point à noter, c'est que le train-bogie diffère des trains américains, en ce qu'il a une rotation autour de son pivot, et, en outre, la faculté de se déplacer latéralement à la voie. Nous avons rappelé les résultats de diverses expériences faites en Espagne, sur le chemin de fer d'Isabelle II, à Santander, où le système Vaessen est en service depuis 1861.

Le type de machine à quatre grandes roues couplées, faisant le service des trains express en Belgique et ailleurs, nous paraît digne d'attirer l'attention, parce qu'il a souvent fourni matière à la critique. Et qu'on ne s'y trompe pas! Nous ne sommes plus au temps où la locomotive Crampton suffisait à toutes les exigences du service à grande vitesse. Aujourd'hui, les conditions d'exploitation ont changé. En effet, ne voyons-nous pas admettre, dans presque tous les express de l'État belge, des voitures des trois classes, constituant des trains pesamment chargés, qui doivent gravir des rampes même supérieures à cinq millimètres. Ces considérations sont, à notre avis, assez puissantes pour compenser l'usure inégale des bandages des roues conjugées et les inconvénients que présentent les bielles d'accouplement aux grandes vitesses. Nous retrouverons le même type appliqué sur diverses lignes et notamment celle de Paris à Orléans, où il sert à remorquer, à grande vitesse, des trains de dix à douze voitures, mais sur des rampes variant de dix à seize millimètres.

C'est ici le moment de soulever une question qui touche de très-près à un élément essentiel des dépenses de l'exploitation. Plusieurs machines sont pourvues du foyer Belpaire, dont l'emploi se généralise même en France. Ce système a reçu surtout une grande application, depuis l'avénement des machines puissantes, où la consommation de combustible joue un rôle considérable. On a compris qu'il y avait là une source d'économies à réaliser, car la question des transports à bon marché ne saurait s'accommoder d'un combustible qui coûte cher. Employer du charbon de qualité inférieure et lui faire produire, par le mélange et l'échauffement convenables de l'air et des gaz, le plus grand effet utile possible : tel était le problème à résoudre. Disons-le, ce problème est résolu par le foyer Belpaire, dont les diverses compagnies se déclarent satisfaites.

La substitution de la houille au coke est un fait qui est entré aujourd'hui dans la pratique. Mais à côté de l'emploi des houilles maigres ou fumeuses, se pose la question des appareils fumivores, dont plusieurs, de systèmes différents, se trouvent appliqués aux locomotives exposées.

Nous arrivons aux machines prussiennes. Celle de M. Borsig, de Berlin, mérite une mention spéciale. Les œuvres de ce constructeur sont connues. Déjà, en 1862, il montrait le parti qu'on peut tirer de l'acier fondu. Borsig n'a pas démérité en 1867. Non que sa machine s'écarte des types qui tendent à devenir classiques en Allemagne, mais la qualité des matières dont elle est construite est d'une supériorité qui commande l'attention. Notons, dans la machine du constructeur de Berlin, les dispositions du foyer à deux étages et des ressorts, la

grande légèreté des bielles et la construction de la chaudière et des boîtes à graisse du tender.

Une question, à laquelle assurément on ne contestera pas le mérite de l'actualité, est celle des appareils à vaporisation des locomotives. A mesure que l'acier fondu est devenu d'un emploi plus général, nous avons vu augmenter successivement l'épaisseur des tôles des générateurs et élever la pression de marche des machines. L'épaisseur des tôles est de onze et demi millimètres dans la locomotive de Borsig, elle atteint quinze millimètres dans la machine de Carlsruhe! A côté de cela, l'Angleterre nous fait voir des locomotives marchant à plus de onze atmosphères de pression! Les derniers progrès accomplis dans un autre ordre de moteurs à vapeur, indiquent assez que nous sommes à la veille de modifications radicales dans la construction des appareils à vaporisation, modifications qui ne resteront pas sans exercer une grande influence sur l'avenir de la locomotive elle-même.

Le Wurtemberg expose une machine mixte dont les plans ont été élaborés en Angleterre et qui est destinée aux chemins de fer de l'Inde orientale, où l'écartement de la voie est d'un mètre soixante-dix centimètres.

Entrons en Bavière. Là nous trouvons une machine très-curieuse, à quatre roues couplées, dont le châssis forme réservoir. L'idée n'est pas neuve, mais elle est au moins originale. On a cherché à rendre automatiques plusieurs fonctions de cette machine, qui mérite d'attirer l'attention, à cause de la simplicité de ses organes. L'injecteur n'a point de parties mobiles, et cette fixité révèle une tendance qui se manifeste dans la construction de plusieurs appareils du même genre. Bornons-nous

à constater la construction spéciale des bielles, de la boite à feu, et des soupapes servant à évacuer l'eau de condensation, mais dont nous contestons la complète efficacité. Quant au châssis-réservoir, l'expérience dira s'il est possible de le maintenir étanche et de lui assurer une longue existence.

La Russie a aussi son représentant à l'Exposition. M. Schoubersky, de Saint-Pétersbourg, nous fait voir, en petit, un appareil appelé Makhovoz, où l'excès de travail fourni à la descente des rampes est saisi par un volant, qui le restitue en partie à la montée. Le volant peut être rendu indépendant ou mis en communication avec la machine, dans l'un ou dans l'autre sens.

Les machines autrichiennes méritent d'être mentionnées spécialement. Elles constatent deux faits, deux progrès considérables qui se révélèrent à la dernière exposition de Londres et qui appartiennent désormais à la pratique des chemins de fer.

La première de ces améliorations, que nous retrouverons d'ailleurs, à un haut degré, dans la section française, réside dans l'emploi de machines à huit roues couplées au service ordinaire des trains de marchandises, sur des rampes normales. La seconde amélioration, à notre avis la plus importante, est fournie par la locomotive « Steierdorf » à dix roues couplées et à trains indépendants, qui résout, d'une manière satisfaisante, le problème des transports, sur les lignes présentant des courbes de cent mètres de rayon et des rampes de trente millimètres, avec une faible charge sur chaque essieu.

A part la Steierdorf, le compartiment autrichien renferme deux locomotives, dont l'une à huit roues couplées est destinée au chemin de fer russe de Moscou à Kursh.

Ces machines appartiennent au système Hall, si répandu aujourd'hui en Allemagne, et qui consiste essentiellement dans l'emploi de châssis et de cylindres extérieurs, avec manivelles disposées d'une manière particulière.

Les machines à cylindres et à châssis intérieurs, d'une application si persistante en Angleterre, n'existent plus en Autriche qu'à l'état historique; elles ont disparu pour faire place à deux autres systèmes, qui soutiennent actuellement la lutte et entre lesquels les machines Hall paraissent devoir conserver l'avantage. Nous avons fait connaître les motifs sur lesquels est basée la préférence des ingénieurs allemands.

Nous nous sommes étendu longuement sur la locomotive « Steierdorf », envoyée à Paris par la Société des chemins de fer de l'État, à Vienne, parce que nous la considérons comme une des plus intéressantes de l'Exposition. Lorsque la « Steierdorf » apparut à Londres, en 1862, elle souleva des opinions assez contradictoires; la théorie cependant donnait raison au système ingénieux de la société autrichienne, et la théorie n'a pas été vaincue. La Steierdorf a tenu tout ce qu'elle avait promis, et ses trois années de service l'ont laissée dans un état qui témoigne de l'excellence de sa construction.

Arrêtons-nous à l'Italie, car un de ses ingénieurs, M. Agudio, ancien député au Parlement, expose un système de traction funiculaire qui présente un grand intérêt pour la traversée des montagnes. L'invention de l'ingénieur italien repose sur le principe de la mouffle à double effet et fut très-remarquée à Londres, en 1862. La base du système est toujours la même; seulement, on a substitué au câble toueur l'adhérence due au poids de la machine et à la pression de six roues horizontales

agissant sur un rail central. M. Agudio a créé son remarquable locomoteur en empruntant au système Hirn son mode de transmission du travail mécanique, au moyen de câbles télodynamiques marchant à de grandes vitesses, et au système Fell, son mode d'adhérence partielle. Les expériences auxquelles l'appareil a été soumis sur le plan incliné curviligne de Dusino, près de Turin, sont décisives. Aussi, les commissions techniques, chargées par les divers gouvernements d'apprécier le locomoteur, sont-elles toutes d'accord sur sa valeur pratique, et notamment sur sa grande aptitude à franchir les courbes. Peut-être les opinions diffèrent-elles sur les limites de pente et de courbe, à partir desquelles le système manifeste véritablement sa supériorité sur les autres modes de traction. Quoi qu'il en soit, l'impuissance de la locomotive est évidente sur les rampes où opère le locomoteur-funiculaire. Il suffira de constater que sa supériorité dynamique est de 44 p. c. sur les deux machines accouplées, qui font le service de la rampe de trente-cinq millimètres de Giovi. Nous renvoyons aux résultats que nous avons indiqués des expériences faites à Dusino.

Nul doute que le système Agudio permettra de supprimer la construction des grands tunnels et pourra être appliqué au passage des Alpes helvétiques, car il fournit une bonne solution pour la traversée des grandes montagnes, où il apportera des économies sérieuses, que nous avons signalées.

Le locomoteur-funiculaire étant susceptible d'utiliser des forces hydrauliques considérables, servira de puissant auxiliaire à la locomotive Fell, aux endroits où la rampe sera très-forte et la quantité d'eau suffisante.

Les États-Unis d'Amérique ont envoyé à Paris une

locomotive, où il ne manque ni festons, ni dorures, et dont l'aspect général contraste vivement avec celui des machines européennes. Nous en avons fait ressortir les caractères principaux, en appuyant sur la question des roues en fonte qui nous paraît de nature à éveiller l'attention des hommes du métier. Les ingénieurs français et belges persistent à proscrire ce système de roues, malgré les essais couronnés de succès qui en ont été faits en Allemagne. La tiédeur des compagnies de chemins de fer s'explique d'autant moins que la Belgique et la France sont dans une situation excellente pour produire les matières qui servent à la fabrication de ces roues.

L'Angleterre maintient ses types traditionnels, ses types classiques, et les entoure de tant de respect qu'on pourrait accuser ses ingénieurs de manquer d'initiative, à un moment où de toutes parts se manifestent des efforts en vue d'augmenter la puissance des locomotives. Cependant, il n'en est rien : car, le tempérament des voies ferrées, les conditions auxquelles sont assujettis les transports, les circonstances locales, sont exceptionnels en Angleterre, et doivent être pris en sérieuse considération, lorsqu'il s'agit d'un examen comparatif.

Les machines anglaises ont, en général, leur mécanisme ramassé sous la chaudière ou entre les roues, que les cylindres soient intérieurs ou extérieurs. Rarement, elles ont plus de six roues; cependant le Great Northern railway paraît abandonner ses machines à tender-moteur et emploie, depuis peu, des locomotives à huit roues couplées, du genre de celles en usage sur le chemin de fer du Nord français.

En Angleterre, où le combustible n'est pas cher, tout

se traduit en vitesse, et il n'est pas rare de voir franchir quatre-vingt-dix kilomètres à l'heure par des machines à deux grandes roues motrices. Aussi l'essieu moteur supporte-t-il une charge dépassant quatorze tonnes, qu'il serait difficile d'admettre ici, sans compromettre la durée de la voie. L'épaisseur des parois du foyer est faible pour des pressions très-considérables.

Les machines anglaises qui font le service des marchandises, ont ordinairement un poids adhérent sensiblement inférieur à celui des machines françaises affectées au même genre de service ; et cela s'explique par la circonstance que l'Angleterre, étant sillonnée de nombreux canaux, les produits qui affluent chez elle vers les voies ferrées sont moins considérables que sur le continent. On pourrait presque dire que les produits transportés par les chemins de fer anglais sont des produits de choix, qui exigent d'être rendus à destination avec la plus grande célérité possible.

M. Stéphenson, de Newcastle, expose une locomotive destinée à rouler, à grande vitesse, sur les chemins de fer du gouvernement égyptien. Elle a deux grandes roues motrices au milieu, et elle appartient au type généralement usité en Angleterre pour ce genre de service. Deux traits caractéristiques que nous avons décrits, sont à noter : la construction de la chaudière et l'appareil à changement de marche, qui est une combinaison du levier et de la vis.

Un autre type, qui est bien l'expression des tendances anglaises, a été envoyé à Paris, par M. Kitson, de Leeds. C'est une machine mixte. Au nombre des points à mentionner, citons le foyer disposé pour brûler de la houille et pourvu d'une voûte inclinée en briques et d'une

plaque déflecteur. Cet appareil est très-répandu en Angleterre, où il est considéré comme le plus simple et comme le meilleur des fumivores. La construction du générateur mérite d'être signalée, en même temps que les soupapes de sûreté du système Naylor. Les fusées et les boîtes à graisse de l'essieu de devant ont une double pente d'après le système Cortazzis, appliqué sur les chemins de fer de la Péninsule indienne. L'appareil de changement de marche est mis en mouvement au moyen d'une vis en acier à double pas, disposition qui tend à se généraliser, et qui permet de faire varier la détente par degrés pour ainsi dire insensibles, et de renverser la marche rapidement, sans effort et sans avoir à toucher au régulateur. Enfin, ne quittons pas la locomotive de Kitson sans dire un mot d'un appareil très-curieux, appelé anti-incrustateur Backer, et qui a pour but de prévenir les incrustations des chaudières. Il consiste en une simple étoile fixée, au moyen d'un isolateur, dans le dôme à vapeur, et reliée à un endroit de la chaudière, par un fil, qui établit le courant désincrustateur. Une certaine longueur de fil est nécessaire. On affirme qu'il produit des effets extraordinaires, et plusieurs Compagnies de chemins de fer en font actuellement l'essai. Mais, quelle que soit l'efficacité du système, il y a lieu, à notre sens, d'être très-circonspect dans son application. L'appareil Backer n'évite pas la formation des matières incrustantes, mais il les empêche *complètement* de s'attacher aux parois du générateur, en les maintenant en suspension dans l'eau. Or, on ne peut contester qu'une légère incrustation est plutôt nécessaire que nuisible, car elle préserve le métal et elle empêche les fuites, en fermant les joints, que le matage le plus parfait n'a pu

rendre complétement étanches. Et ne perdons pas de vue que les machines-locomotives marchent à de très-hautes pressions, et que les matières, maintenues en suspension, pourraient être entraînées dans les conduites à vapeur et gripper les tiroirs et les cylindres! La théorie de l'appareil n'est pas connue. Ce qui paraît certain, c'est que l'électricité y joue un rôle. Mais comment et dans quelles limites agit l'agent électrique? Nul ne le sait; et alors, n'y a-t-il pas à redouter de la part de l'électricité une action destructive sur les métaux différents qui entrent dans la composition du générateur? Voilà encore une question qu'une longue expérience seule peut résoudre, en attendant que la science nous apporte les éclaircissements qui nous manquent aujourd'hui.

La Compagnie de Lilleshall a exposé une locomotive-express du plus pur type anglais, où nous constatons la coulisse droite d'Allan, dont l'emploi se généralise surtout en Allemagne, l'appareil fumivore et les soupapes de sûreté de l'ingénieur Ramsbottom.

Une petite locomotive d'entrepreneur, envoyée à l'Exposition par MM. Ruston-Roctor et Cie, est pourvue de l'appareil fumivore de Clarck et de deux injecteurs dits auto-ajusteurs de Sellers.

Parmi les dessins anglais exposés, M. Fairlie a droit à une mention spéciale, pour sa machine à douze roues et à quatre cylindres.

La France nous montre de nombreuses améliorations dues à l'initiative de ses ingénieurs. Nous indiquerons brièvement les plus essentielles, renvoyant, pour le surplus, à nos études sur les machines de ce pays.

Le Creusot est représenté par trois locomotives : l'une à six roues couplées, type créé pour le service de ses

usines, où il faut remarquer la coulisse de distribution qui attaque directement le tiroir. Le service se fait indifféremment dans les deux sens, et on affirme que la différence de production de vapeur n'est pas sensible. L'échappement est fixe. C'est là une question à l'ordre du jour. On renoncera partout, comme en Angleterre, à l'échappement variable, du moment où il sera possible d'employer un combustible à bon marché.

Une autre locomotive est destinée au Great-Eastern railway. C'est le type anglais pour le service des trains-express. Signalons l'appareil de changement de marche à vis, la disposition des supports qui donne à la machine une bonne stabilité assurément nécessaire pour marcher à des vitesses qui dépassent quatre-vingt-dix kilomètres à l'heure, et enfin l'agencement particulier de la grille.

Le Creusot exhibe aussi une petite locomotive à voie étroite, type de machine destiné à jouer un rôle de plus en plus important, à mesure que se développeront les chemins de fer vicinaux.

L'augmentation croissante du trafic des marchandises sur les grandes lignes et de l'inclinaison des rampes sur les lignes secondaires, rend tous les jours plus impérieuse la nécessité de disposer de machines puissantes, où la charge se trouve répartie sur un grand nombre de roues couplées. Cette nécessité se manifeste en France plus que partout ailleurs. C'est aussi de ce côté que se font les plus grands efforts dans le but d'augmenter la force des locomotives.

Avant de parler de ces puissants engins de traction, disons quelques mots d'un type intermédiaire, né en France, et qui a une tendance à se généraliser : nous avons cité le système à tender-moteur exposé par la

Compagnie des chemins de fer de l'Est. Appliqué d'abord au chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, ce système fut modifié et passa dans la pratique en Angleterre, quelques années après l'apparition du matériel spécial proposé pour la traversée des Alpes par M. Flachat, l'éminent président de la Société des ingénieurs de France. La machine à cylindres auxiliaires de l'Est français participe du type admis au Great Northern railway par M. Sturrock, et qu'on paraît vouloir abandonner. En thèse générale, le système à tender-moteur est défectueux; car on ne peut contester que la vapeur, subissant une déperdition de pression assez sensible, est fort mal utilisée dans les cylindres du tender. Aussi, faut-il des circonstances tout-à-fait spéciales pour justifier l'emploi de ce système. C'est ce qui nous a engagé à présenter diverses considérations ayant pour but de déterminer les limites, à partir desquelles on doit, selon nous, proscrire l'application du tender-moteur.

Nous ne pouvons passer sous silence plusieurs particularités que nous rencontrons dans la locomotive-express sur fortes rampes des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, et qui sont communes à d'autres machines françaises. Mentionnons d'abord l'emploi de la contre-vapeur appliquée comme frein aux locomotives, d'après le procédé, reconnu très-efficace, des chemins de fer du Nord de l'Espagne. C'est là une amélioration véritable, car on n'était pas encore parvenu à employer la contre-vapeur dans des conditions régulières. Nous avons analysé longuement les inconvénients et les avantages de cette heureuse application et nous avons indiqué plusieurs dispositions nouvelles qui pourraient être adoptées. Le même procédé est appliqué à une machine du

chemin de fer de Paris à Orléans, avec cette différence qu'il comprend, en plus, deux soupapes de sûreté appliquées aux cylindres, dans le but d'éviter l'accumulation de pression dans la chaudière.

Un nouveau système de frein applicable aussi aux locomotives est exposé par M. de Bergues. Il est soumis, en ce moment, à des essais sur les chemins de fer de l'Ouest. Nous avons fait ressortir les avantages du frein à air comprimé de M. de Bergues. Mais il reste une question redoutable, c'est celle de l'échauffement des cylindres et des tiges.

Signalons encore dans la machine des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : 1° l'appareil fumivore du système Thierry; 2° l'injecteur giffard, système Delpech; et 3° la disposition des boites à graisse de l'essieu d'arrière.

Au nombre des machines que la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans a envoyées au Palais du Champ de Mars, figure une locomotive à dix roues couplées, pesant soixante tonnes au départ, et destinée à faire le service des trains de marchandises, sur des rampes qui varient de dix-huit à trente millimètres. Nous renvoyons à la description détaillée que nous en avons donnée. Constatons la disposition spéciale du longeron d'arrière, celle du régulateur à double tiroir que nous verrons se généraliser, la construction de la grille qui est du système Raymondière, la disposition très-connue, mais légèrement modifiée dans cette machine, des plans inclinés du chemin de fer d'Orléans, pour le passage des courbes. Notons encore la construction particulière de la bielle motrice, des entretoises du foyer et aussi de la chaudière, qui est en acier fondu.

L'emploi des tôles d'acier fondu à la fabrication des générateurs à vapeur est un progrès dont témoignent plusieurs machines exposées.

La Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans exhibe une locomotive à quatre roues couplées, pour le service des trains express, sur des rampes de dix à seize millimètres, comme nous l'avons déjà dit. Entre autres particularités, notons l'appareil fumivore Tembrinck, que nous avons décrit; puis le mode de suspension des ressorts et la construction très-légère des diverses pièces du mécanisme.

La Compagnie des chemins de fer du Midi nous fait voir une locomotive disposée de manière à recevoir des roues d'un diamètre différent, suivant le service auquel elle sera appliquée.

Deux machines, construites pour le chemin de fer du Nord, sont exposées par la Société Cail et Cie, en participation avec Fives-Lille.

L'une d'elles, à huit roues couplées, est la manifestation d'un progrès véritable, qui fait entrer définitivement ce type de machine dans la pratique courante. C'est le système Engerth transformé. Nous indiquons comme dignes d'une mention spéciale : l'appareil à translation Caillet, l'injecteur giffard, disposition Turck, et l'attelage du système Stradal.

L'autre est une machine à six roues couplées, pour les particularités de laquelle nous renvoyons à notre description.

Arrêtons-nous, car nous voici à un système qui présente des tendances nouvelles très-accentuées et qui, par cela même, mérite de fixer l'attention : nous voulons parler de la machine à quatre cylindres et à douze roues

couplées de M. Petiet, et construite dans les ateliers de MM. Ernest Gouin et Cie.

Les dessins de cette puissante locomotive figurèrent à Londres, en 1862. Le système de l'ingénieur français rencontra, en Angleterre surtout, une résistance à laquelle la France elle-même s'associa, par l'organe d'ingénieurs de mérite; mais heureusement toutes les discussions auxquelles la machine à quatre cylindres donna lieu, tournèrent au profit de la science. Nous avons indiqué les reproches principaux qu'on adresse à ce système. L'utilisation du calorique perdu à la sortie de la boîte à fumée — problème plein d'actualité — constitue une des particularités essentielles du système Petiet. C'est le premier pas vers les chaudières à retour de flamme, dont l'étude semble offrir un très-grand intérêt, depuis que le charbon est employé comme combustible.

Il nous reste maintenant à mentionner les systèmes Meyer, Rarchaert et Boutmy exposés seulement en dessins. Nous les avons compris dans nos études, parce qu'ils présentent une grande importance, en ce moment surtout où l'on vient de voter en France la loi sur les chemins de fer d'intérêt local. Leurs auteurs ont eu en vue de produire des machines, applicables principalement au réseau secondaire, et qui unissent à la puissance, la légèreté et la flexibilité.

Nous avons parcouru rapidement l'ensemble des locomotives exposées par les diverses nations. Nous n'avons fait pour ainsi dire qu'effleurer les points essentiels, nous réservant de les mettre en lumière dans nos descriptions et nos nombreux dessins.

Nous avons examiné avec soin le matériel de trans-

port, qui comprend les voitures, les wagons et leurs accessoires.

La Belgique, la France et la Prusse rivalisent d'intelligence pour produire ces utiles auxiliaires de la locomotive.

La constitution des véhicules est restée la même, à peu d'exception près; mais des améliorations importantes ont été introduites dans leur construction et dans leur aménagement. Aujourd'hui les secousses sont adoucies par la qualité et la disposition des ressorts, les fauteuils sont plus larges et mieux rembourrés, les dossiers et les banquettes des troisièmes classes sont devenus confortables : toutes dispositions enfin qui tendent à augmenter le bien-être, le confort des voyageurs, et à diminuer la fatigue des longs parcours.

Les voitures prussiennes, surtout les deuxième et troisième classes, réunissent ces améliorations à un haut degré. Rien n'y manque : cabinet de toilette, water-closet, lieu de retraite pour les malades, boîtes de sable chaud introduites discrètement par une ouverture extérieure.

Les compagnies françaises font beaucoup d'efforts pour améliorer les compartiments généralement occupés par les classes laborieuses.

Au nombre des constructions nouvelles, il nous faut indiquer les véhicules à deux étages et à train brisé, que nous avons décrits d'une manière particulière.

Indiquons aussi les appareils servant à remettre ou à recevoir les dépêches dans les gares où le train ne s'arrête pas.

Afin de diminuer le poids mort des véhicules, on tend à remplacer le bois, tantôt par le fer, tantôt par

la tôle, et quelquefois même par l'acier Bessemer. Le cuivre a été aussi introduit dans quelques constructions récentes.

Les appareils qui ont pour but de prévenir les collisions sur les voies ferrées, préoccupent à juste titre l'opinion publique. Nous avons signalé les freins Molinos et Pronnier, Doré, etc. Mais, parmi les moyens essayés pour détruire, dans le temps le plus court et le trajet le moins étendu, la vitesse des trains, celui proposé par M. Achard mérite une mention toute spéciale. C'est à l'électricité, cette force merveilleuse, et aux propriétés des électro-aimants que M. Achard a demandé la solution du problème. Nous en avons exposé les diverses combinaisons. La distance minimum à laquelle un train pouvait être arrêté était de neuf cents mètres; le frein électrique lui permet à peine de franchir quatre cents mètres.

Telles sont, à grands traits, les améliorations que présentent les appareils dont nous allons faire l'étude et qui resteront comme le cachet ineffaçable d'une des plus précieuses conquêtes de l'esprit moderne.

Bruxelles, 29 août 1867.

LOCOMOTIVES

BELGIQUE

I

En entrant dans l'annexe qui contient le matériel de chemins de fer exposé par la Belgique, on rencontre d'abord une locomotive sortant des *ateliers de Couillet.*

Cette machine, destinée au service des charbonnages, des usines et des gares, présente un ensemble très-ramassé, qui n'est pas dépourvu d'élégance. Elle ne laisse rien à désirer, ni sous le rapport des matières dont elle est construite, ni sous le rapport du fini du travail et de l'ajustement : le jury lui a décerné la médaille d'or.

La locomotive de Couillet, acquise par la Société des charbonnages de l'Espérance, à Montigny-sur-Sambre, est représentée planche I, figures 1 et 2. Elle donne une bonne solution du problème qu'il s'agissait de résoudre

et qui peut être formulé ainsi : construire une machine portant ses réservoirs à eau et à charbon; capable de circuler aisément dans des courbes de faible rayon et de gravir de fortes rampes, en donnant le plus grand effet utile; consommant des charbons de médiocre qualité; et utilisant pour l'adhérence tout son poids et celui de ses approvisionnements.

La locomotive de Couillet est à quatre roues couplées, et elle est caractérisée par l'emploi d'un essieu coudé intermédiaire sans roues, permettant de rapprocher les essieux porteurs, autant que l'exigent les rayons des courbes à parcourir. La position des essieux porteurs n'étant pas limitée, il est aisé de répartir d'une manière précise la charge sur les quatre roues.

Le mouvement de distribution de vapeur est intérieur et du système Walschaerts. Il consiste en une série de leviers partant de la tête de la bielle du piston, laquelle bielle est menée par un seul excentrique, calé à angle droit sur la manivelle. La coulisse Walschaerts, très-solide et d'un entretien facile, se distingue par l'emploi d'un seul excentrique ou d'un bouton, et réunit les avantages d'une introduction de vapeur très-régulière de chaque côté du piston pour un même cran et une même marche, et d'une avance constante à tous les crans, quel que soit le sens de la marche. — Les cylindres sont intérieurs et inclinés; de sorte que tout le moteur, placé à l'intérieur des longerons, se trouve dans les conditions d'un moteur fixe, c'est-à-dire que tous ses organes sont dans des positions fixes les uns par rapport aux autres. A proprement parler, l'axe coudé n'est, dans la machine de Couillet, qu'un arbre dont le jeu dans les paliers se rappelle comme celui des machines fixes, et qui se trouve sous-

trait à toute espèce de fatigues, car il ne porte aucun poids et il n'a pas à subir les chocs de la voie.

L'essieu coudé a nécessité l'emploi d'un longeron intérieur.

Les réservoirs à eau et à charbon ont la forme et la position de ceux des machines de gare de l'État belge. Les soutes à eau peuvent contenir 1,800 litres, et sont placées latéralement des deux côtés de la chaudière, dans le sens de la longueur. Les soutes à charbon, placées à l'arrière du foyer, peuvent recevoir 400 kilogs de combustible. Cette disposition permet de dégager complétement la vue du mécanicien et rend faciles le graissage et la visite de toutes les pièces du mouvement intérieur.

La forme de la chaudière a beaucoup d'analogie avec celle des chaudières tubulaires des machines fixes.

Pour consommer des charbons de médiocre qualité, il faut nécessairement un grand foyer, qui permette à l'air et aux gaz de s'échauffer, en se mélangeant, afin d'obtenir la meilleure utilisation du combustible. Le foyer de M. l'Ingénieur en chef Belpaire était naturellement indiqué dans le cas qui nous occupe.

La grille du foyer Belpaire, aujourd'hui très-répandue, a une longueur considérable et est composée de barreaux dont l'épaisseur et l'écartement dépendent de la nature du combustible à brûler. Elle est inclinée de l'arrière à l'avant et terminée par une partie mobile, qui permet, en marche, de se débarrasser du machefer. Il suffit pour cela, après avoir poussé le machefer sur la partie mobile, d'imprimer à cette dernière un mouvement de bascule, au moyen d'un système de leviers à la disposition du machiniste. La porte, très-grande, du foyer est

disposée de façon que la grille soit accessible au chauffeur et puisse être chargée et nettoyée par lui avec facilité; elle est à deux vantaux, percés de trous qui donnent passage à l'air, dont le machiniste peut régler l'admission, au moyen de registres. La répartition des essieux sous la machine est beaucoup facilitée par la disposition de la boîte à feu Belpaire, qui descend à peine au-dessous de la génératrice inférieure du corps cylindrique.

La surface de chauffe du foyer est de 5 mètres carrés 70.

L'essieu coudé dont on devrait en général proscrire l'usage, à cause des difficultés de fabrication qu'il présente, a permis d'obtenir ici, en réalisant les conditions du programme, un moteur à quatre roues bien plus avantageux, pour les raccordements industriels, qu'une machine à six roues. Dans une locomotive à six roues couplées, la distance entre les essieux extrêmes est trop grande pour circuler dans des courbes de petit rayon; et si des six roues, quatre seulement sont couplées, une partie du poids de la machine est perdu pour l'adhérence.

Une bonne répartition de la charge a amené l'essieu d'arrière au-dessous du foyer; sans l'axe coudé, les boîtes à graisse se trouveraient placées au-dessous du foyer, et alors il deviendrait nécessaire de surélever celui-ci; ou bien il faudrait commander le mouvement de distribution par des manivelles en retour, en établissant les longerons et les boîtes à graisse à l'extérieur des roues. Dans ce dernier cas, l'écartement des axes des cylindres serait trop grand et produirait, au franchissement des courbes, une grande irrégularité dans la distribution de la vapeur.

Un avantage de la machine de Couillet, surtout pour les sociétés charbonnières, c'est que le remplacement des deux essieux porteurs, lorsqu'il est réclamé par l'usure des bandages, peut être fait par des ouvriers ordinaires en un temps très-court. Il suffit de soulever la machine et de remplacer les essieux porteurs qui ne reposent sur aucun organe moteur, par des essieux de rechange.

Le poids de la machine en ordre de marche est de 23,200 kilog. Le poids sur les roues d'avant est de 11,480 kilog., et celui sur les roues d'arrière, de 11,720 kilog. Cette répartition nécessite une voie solidement construite et en bon état d'entretien, conditions qui sont rares à rencontrer dans les raccordements industriels. C'est là un reproche à adresser à la machine de Couillet.

La locomotive étant destinée à rouler sur de fortes rampes, elle est munie d'un frein puissant en acier, qui agit sur les deux rails, au moyen d'un sabot, par l'intermédiaire d'un balancier, fixé, d'une part, au longeron et, d'autre part, au-dessous de la boîte à graisse de la roue d'arrière. Le centre de gravité de la locomotive étant à égale distance des essieux d'avant et d'arrière, les sabots portent, lorsque le frein est serré, les deux tiers du poids de la machine, c'est-à-dire 15,485 kilog., et l'essieu d'avant, 7,715 kilog.

Nous ne sommes pas partisan de l'application de freins à patins aux machines circulant sur des voies industrielles : l'action de ces freins au passage des excentriques et des croisements présente de sérieux inconvénients et peut occasionner des déraillements, si, comme cela arrive très-souvent, la voie n'est pas entretenue convenablement.

La locomotive ne porte pas d'abri pour le machiniste.

Voici ses dimensions principales :

Diamètre des cylindres. . .	0m,35
Course des pistons. . . .	0m,46
Longueur de la chaudière entre les plaques tubulaires. . . .	2m,335
Diamètre extérieur. . . .	1m,140
Épaisseur des tôles. . . .	11m/m
Nombre de tubes. . . .	162
Surface de chauffe des tubes. .	56m²89
Pression effective de marche. .	8 atmosphères
Diamètre des roues. . . .	1m,20
Distance d'axe en axe des roues. .	2m,750
Poids de la machine à vide . .	19,050 kilog.
Longueur totale de la chaudière.	4m,594
Effort de traction. . . .	3000 kilog. environ.

On a compté sur un coefficient d'adhérence de $\frac{1}{7}$.

II

A côté de la machine de Couillet, se trouve la locomotive envoyée à Paris par la *Compagnie belge de machines et de matériel*, qui a obtenu la médaille d'or, pour son exposition en produits de matériel de chemins de fer.

La locomotive exposée par *M. Evrard* a un aspect qui rappelle celui des meilleures machines anglaises : travail excellent, grande sobriété de lignes dans le dessin, peinture faisant ressortir la bonne qualité des matériaux em-

ployés : voilà ce qui distingue la machine de la Compagnie belge.

La planche II la représente en élévation; la fig. 1 de la planche III en donne une demi vue d'arrière et la fig. 2 de la même planche, une demi vue d'avant. La planche IV montre deux coupes faites suivant les lignes AB et CD.

Cette machine est du type des locomotives à marchandises, adopté par la grande Compagnie du Luxembourg, dont les lignes présentent des rampes de 18 à 20 millimètres par mètre et des courbes de 350 mètres de rayon, et sur lesquelles il se fait un trafic considérable. Sur ces rampes, elle est capable de remorquer, outre son tender, 19 wagons chargés de 10 tonnes chacun, à la vitesse de 30 à 35 kilomètres à l'heure.

La locomotive est à six roues accouplées et à cylindres intérieurs. — Les cylindres sont assemblés sur le milieu de la boîte à tiroirs; les conduits d'échappement se confondent en un seul à cet endroit. Les deux essieux d'avant et d'arrière sont droits; l'essieu du milieu est coudé.

Le bâti est composé de deux longerons extérieurs, découpés chacun dans une même feuille de tôle, et d'un longeron intérieur, fixé, d'une part aux cylindres, et reposant, d'autre part, sur l'avant de la boîte à feu.

Le foyer est disposé de manière à brûler toute espèce de combustible. Sa grille est inclinée de l'arrière vers l'avant, et est terminée à l'avant par un jette-feu.

La longueur intérieure du foyer est de $1^{m}800$.

La largeur intérieure » » $1^{m}100$.

Les tubes, au nombre de 200, sont en laiton, à épaisseur variable et montés avec viroles d'acier aux deux bouts.

Les roues d'avant et du milieu sont placées sous le corps de la chaudière; celles d'arrière, sous le foyer. L'essieu d'arrière passe dans l'intérieur du cendrier. L'expérience a prouvé que la circulation d'air frais dans le cendrier suffit pour empêcher l'essieu de s'échauffer.

La chaudière est avec boîte à feu carrée à la partie supérieure et montée à dilatation libre de l'avant à l'arrière sur le bâti. La prise de vapeur se fait dans un dôme de $0^{m}700$ de diamètre, par un régulateur à deux tiroirs superposés; un seul tuyau placé dans la boîte à fumée amène la vapeur dans la boîte à tiroirs, commune aux deux cylindres. La vapeur, dans son parcours de la chaudière aux cylindres, n'est exposée à aucun refroidissement.

La chaudière est alimentée au moyen de deux injecteurs Giffard, placés verticalement à droite et à gauche de la boîte à feu et à portée du machiniste.

Deux soupapes à balances sont placées sur le même dôme.

L'échappement est fixe.

La sablière se manœuvre par un levier à main, à la disposition du machiniste.

L'appareil de changement de marche est à crans, et la distribution de vapeur s'effectue au moyen de coulisses droites avec relevage en partie sur la coulisse et en partie sur la bielle du tiroir.

Le diamètre des roues est de $1^{m}45$. Ce diamètre ne nous paraît pas en rapport avec la vitesse à laquelle la machine doit marcher, et nous pensons que la grande Compagnie du Luxembourg se décidera, dans un avenir peu éloigné, à remplacer, pour le service de ses trains lourdement chargés, les machines du type que nous dé-

crivons, par des machines à huit roues couplées qui appartiennent désormais à la pratique des chemins de fer.

Les rampes supportent un abri pour le machiniste.

La surface de chauffe totale est de $124^{m^2}170$. Le poids de la machine en ordre de marche est de 35 1/2 tonnes, dont 12 tonnes sur les roues d'avant et sur celles du milieu, et 11 1/2 tonnes sur celles d'arrière.

Les matières employées sont de première qualité : bandages de roues en acier fondu au creuset; tiges de piston, glissières, bielles d'accouplement et ressorts en acier fondu; mouvement de distribution de vapeur en fer cémenté et trempé; essieux en fer à fins grains; et pistons complétement en bronze, ce qui est rendu nécessaire par le fonctionnement sans vapeur à la descente des rampes.

Voici les autres dimensions principales de la locomotive:

Diamètre des cylindres . . .	$0^{m},450$
Course des pistons. . . .	$0^{m},650$
Diamètre des roues au contact des rails.	$1^{m},450$
Écartement d'axe en axe des roues extrêmes	$4^{m},100$
Timbre de la chaudière (pression effective).	8 atmosphères.
Longueur des tubes entre les plaques.	$3^{m},660$
Diamètre extérieur des tubes. .	$0^{m},050$
Diamètre du corps de chaudière (extérieur).	$1^{m},320$
Surface de chauffe du foyer . .	$9^{m^2},170$
Surface de chauffe des tubes . .	$115^{m^2},000$
Surface de grille	$1^{m^2},980$
Poids de la machine vide . .	31,500 kil.

III

La Société *Saint-Léonard, à Liége,* a exposé une locomotive du système *de M. Vaessen*, actuellement son Directeur-gérant. — C'est une machine puissante, capable de gravir de fortes rampes et de passer dans des courbes de petits rayons. — Elle appartient au système de celles fournies aux chemins de fer Isabelle II en Espagne et Liégeois-Limbourgeois en Belgique. Elle est à cylindres extérieurs et inclinés (pl. 5), et elle repose sur trois paires de roues couplées et sur un train mobile, appelé train universel. Ce train mobile est placé à l'avant, sous la boîte à fumée, et est composé de quatre roues.

Ce qui distingue la locomotive Vaessen, c'est qu'elle franchit les courbes de petits rayons, par le déplacement latéral des essieux, déplacement obtenu au moyen du train articulé qui a une rotation autour de son pivot, et qui a en outre la faculté de se déplacer latéralement à la voie, et par suite de se placer tangentiellement à la courbe que la machine franchit, quel que soit le rayon. A cet effet, le pivot de rotation O (planches 5 et 6) est fixé à un levier M sur lequel repose le devant de la machine, par l'intermédiaire de doubles plans inclinés SS, qui ont la tendance de tenir le pivot dans l'axe longitudinal; mais aussitôt que la machine entre dans une courbe, les plans inclinés permettent au pivot de se déplacer latéralement. Le pivot reçoit donc, par l'intermédiaire du levier, une

pression égale à la somme des pressions exercées au point d'articulation et sur les plans inclinés.

On voit que le train articulé de M. Vaessen diffère essentiellement des trains américains, puisque ceux-ci, se mouvant autour d'une cheville ouvrière fixée à la machine, ne peuvent se déplacer latéralement.

Dans la machine exposée par la Société Saint-Léonard, un des essieux accouplés peut se déplacer latéralement. Ce déplacement est produit par les boîtes à graisse qui peuvent se déplacer elles-mêmes par l'intermédiaire de plans inclinés. Cette disposition est indiquée en détail à la planche 6.

Tout le mécanisme de la locomotive Vaessen est extérieur. La suspension est obtenue par l'intermédiaire de balanciers latéraux, qui font participer plusieurs essieux aux variations accidentelles de la pression que chacune des roues peut avoir à supporter pendant la marche.

Le levier de changement de marche est à crans, et la coulisse de distribution, du système Walschaerts.

Le foyer est du système Belpaire; il est disposé en gradins et terminé par une partie mobile.

Les soutes à eau et à charbon sont placées latéralement à la chaudière et au-dessus des roues accouplées. Cette disposition permet de diminuer le poids mort de la machine, ce qui est très-important pour les fortes rampes, de charger convenablement les roues motrices et d'utiliser les approvisionnements pour l'adhérence.

Un frein puissant agit sur les roues d'arrière de la machine.

Elle ne porte pas d'abri pour le machiniste.

Le poids de la machine vide est de 36 tonnes et, avec

provision, de 48 tonnes. — La surface de chauffe totale est de 121 mètres carrés.

La locomotive de Saint-Léonard est bien construite : elle a obtenu la médaille d'or. Voici ses dimensions principales :

Diamètre des cylindres. . .	0^m,460
Course des pistons. . . .	0^m,600
Diamètre des roues accouplées. .	1^m,300
Nombre de roues accouplées. .	6
Écartement extrême des essieux accouplés, axe en axe	3^m,000
Diamètre des 4 roues du train universel.	0^m,800
Écartement des essieux du train universel.	1^m,100
Écartement des essieux extrêmes .	5^m,950
Foyer. Longueur intérieure en haut.	2^m,200
» Largeur » » .	1^m,050
» » » en bas .	0^m,880
» Hauteur » avant .	1^m,560
» » » arrière.	1^m,160
Grille. Longueur	2^m,300
» Largeur	0^m,880
Surface de la grille. . . .	2^{m^2},024
Tubes. Nombre	193
» Diamètre extérieur . .	0^m,050
» Longueur	3^m,700
Surface de chauffe du foyer . .	9^{m^2},100
» » des tubes . .	111^{m^2},90
Capacité des soutes à eau. . .	6,500 litres.
» » à charbon. .	25 hectolitres.

Charge sous les roues accouplées .	37 tonnes.
» » du train universel.	11 tonnes.
Tension de la vapeur. . . .	9 atmosphères.
Traction théorique. . . .	8,010 kilog.

Empruntons à la notice de la Société Saint-Léonard quelques renseignements qui serviront à faire comprendre les circonstances qui ont amené M. Vaessen à proposer le système que nous venons de décrire.

D'après le marché conclu avec le chemin de fer d'*Alar del Rey à Santander*, la Société de Saint-Léonard avait à construire des locomotives à marchandises, qui devaient satisfaire au programme suivant : remorquer 200 tonnes en plus du poids de la machine, sur rampes de 20 millimètres par mètre, à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, et dans des courbes de moins de 300 mètres de rayon.

Ce programme se trouvait justifié par le tracé de la ligne qu'il s'agissait de desservir, tracé qu'il n'est pas inutile de faire connaître.

Le chemin d'*Alar del Rey à Santander* a une longueur de 139 kilomètres; il rachète entre les points extrêmes une différence de niveau de 849^{m},530, et il y a entre le point culminant de la ligne (à 40 kilomètres d'*Alar del Rey*) et la gare de Santander une différence de côte de 980^{m},732, de sorte que la rampe moyenne du premier versant est d'environ 10 millimètres et celle du second, de 3 millimètres.

Ces 139 kilomètres se décomposent ainsi :

13 kilomètres en palier.

77 kilomètres en rampes de 0 à 10 millimètres par mètre.

49 kilomètres en rampes de 10 à 20 millimètres par mètre.

La longueur en rampes de plus de 15 millimètres forme à peu près le quart de la longueur totale.

La section de *Barcena* à *Reinosa* est la partie la plus accidentée du chemin. Longue de 34 kilomètres, elle réunit deux points qui ne sont distants que de 16,000 mètres, et dont la distance de niveau est de 559 mètres. Du kilomètre 68 au kilomètre 83, la différence de côte est de 252 millimètres, la distance réelle n'étant que de 1,900 mètres, soit une pente naturelle de 132 millimètres, ramenée à 17 millimètres par le développement de 15,000 mètres donné à la ligne entre ces deux points, et qui a exigé de nombreuses courbes de 300, 350 et 400 mètres de rayon. Sur ces 15 kilomètres, il n'y a que 9,700 mètres en alignement droit.

Dans l'espace d'un an et demi, huit de ces machines ont parcouru, sur le chemin de fer d'Isabelle II, 197,356 kilomètres, et satisfait à un trafic de 43,000,000 de tonnes kilométriques, en consommant 3,069,136 kil. de charbon, soit 15^{k},5 par kilomètre parcouru (l'allumage et stationnements compris). Par l'établissement de primes, cette consommation a été réduite à 14 kil.

La Société Saint-Léonard a construit aussi pour le chemin de fer de Santander des machines à voyageurs à deux essieux couplés, du même système. Les soutes à eau et à charbon, placées latéralement à la chaudière, se prolongent jusqu'à la boite à fumée. Le train mobile est semblable à celui des machines à marchandises, mais le point d'articulation du levier horizontal est placé en avant du truck.

Les machines à voyageurs ont été soumises, sur la

portion de la ligne comprise entre *Las Corrales et Barcena*, à une série d'essais intéressants indiqués ci-après :

« Cette section a une longueur de 16 kilomètres, et est formée de :

1° 9^{kilm}, 8 en rampes de 10^{mm}, et 1^{kilm} en palier, de Las Corrales à Las Fraguas ;

2° 2^{kilm}, en rampes de 12.5^{mm}, 11 et 19^{mm}, de Las Fraguas à Santa Cruz ;

3° 2^{kilm}, 1 en rampes de 19^{mm}, et de 15^{mm}, de Santa Cruz à Portolin ;

4° 3^{kilm}, 2 en rampes de 15^{mm}, et de 20^{mm} de Portolin à Barcena.

Un tiers du parcours environ est en courbe de 275 mètres et de 300 mètres de rayon.

La résistance par tonne remorquée sur chacune des parties de cette section pour laquelle on a fait des observations séparées s'établit de la manière suivante :

En admettant (la vitesse étant comprise entre 20 et 30 kilomètres) que la résistance par tonne de train, est, de niveau, de 5 kilog., et que celle due à une courbe de 275 mètres de rayon est de 4 kilog., on trouve :

1° De *Corrales à Fraguas*. Longueur, 7,800 mètres ; rampe moyenne, 0^{m},0087 ; courbes sur 4 kilom. ; résistance par tonne, 16 kilog. ;

2° De *Fraguas à Santa Cruz*. Longueur de 2,900 mètres ; rampe moyenne, 0^{m},0131 ; résistance 18 kilog. ;

3° De *Santa Cruz à Portolin*. Longueur, 2,100 mètres ; rampe moyenne, 0^{m},0167 ; résistance par tonne, 21 kil. 7 ;

4° De *Portolin* à *Barcena*. Longueur, 3,200 mètres ; rampe moyenne, 0^{m},017 ; courbes de 275 mètres ; résistance par tonne, 26 kilog.

La résistance moyenne de *Corrales* à *Barcena*, serait de

22 kilog. La résistance maxima se produit entre *Portolin* et *Barcena* sur une rampe de $0^m,020$, en courbe de 275 mètres ; elle atteint alors :

$$5^{kg} + 20 + 4 = 29^{kg} \text{ par tonne.}$$

Pour le calcul de résistance de la machine, on peut admettre un excès de résistance de 3 kilog. par tonne de machine.

Première expérience. — Un train formé de 6 voitures, 2 fourgons et 4 waggons chargés, pesant ensemble 110 tonnes, a parcouru à la vitesse moyenne de 30 kilomètres à l'heure, la section de *Corrales* à *Fraguas*. La vitesse a été par instants de 40 kilomètres. Les rails étaient secs. Le train marchant du nord au sud avait à vaincre la résistance d'un vent du sud fort, agissant de front et parfois latéralement. La pression dans la chaudière était de 5 atmosphères effectives.

La résistance du train, dans ces conditions, fut en moyenne (en ajoutant 1 kil. par tonne pour tenir compte de l'action du vent) :

$$110^t \times 17^{kg} + 45^t \times 20 = 2770^{kg}.$$

L'effort de traction théorique était de :

$$791^{kg} \times 7.5 = 5932.5.$$

La valeur du rapport K d'utilisation était donc

$$K = \frac{2770}{5932.5} = 0.47.$$

L'adhérence était utilisée au 1/10. Enfin, la vitesse étant de 30 kilom. à l'heure, soit $8^m,33$ par seconde, le travail développé par seconde a été moyennement de $2770 \times 8.33 = 23080$ kilom., soit 308 chevaux.

Deuxième expérience. — Le même train devait continuer l'ascension de *Barcena*, mais le vent étant très-impétueux et la résistance croissant au delà de *Fraguas*, on détacha les 4 wagons chargés, et on ne remorqua de *Fraguas* à *Barcena* que 50 tonnes.

On observa les vitesses suivantes :

1° De Fraguas à Santa Cruz. . .	32^{k},523
2° De Santa Cruz à Portolin. . .	32 ,868
3° De Portolin à Barcena. . . .	33 ,516

En évaluant pendant ce trajet, à 1^{kg},5 par tonne, l'action du vent, on trouve que dans chacune de ces trois périodes, l'effort de traction était :

De Fraguas à Santa Cruz. . .	1986^{kg}
De Santa Cruz à Portolin. . . .	2339
De Portolin à Barcena , . . .	2748
Et en moyenne.	2386

La vitesse moyenne ayant été de 9^{m},16 par seconde (32^{kg},97 par heure), le travail développé a été en moyenne de 291 chevaux.

Enfin, l'effort de traction maximum a été de :

$50 \times 30^{k},5 + 45 \times 335 = 3032^{kg}$. Valeur de $K = 0.51$.

Troisième expérience. — Le même train, au retour, c'est-à-dire à la descente, a circulé aux vitesses suivantes :

Barcena à Portolin, 34 kilom. Portolin à Santa Cruz, 45 kilom. Santa Cruz à Fraguas, 40 kilom. Fraguas à Corrales, 45 kilom. En moyenne, 41^{kilom},9.

Quatrième expérience. — Cette observation a porté sur la marche d'un train formé de 10 wagons chargés,

3 wagons vides et un fourgon, pesant ensemble 155 tonnes, avec un vent sud très-fort, agissant de front, de Fraguas à Barcena.

« La machine patina à la sortie des aiguilles de Fraguas (rampe de $12^{mm},5$) ; elle patina de nouveau près de Santa Cruz, sur la rampe de 19 mil. en alignement droit ; elle s'arrêta un peu, mais se remit en marche sur la même rampe, et continua jusqu'à Portolin, où elle s'arrêta sur les courbes de 279 mètres et 275 mètres de rayon. Elle ne put continuer ; on coupa le train, et la machine arriva avec 6 wagons (84 tonnes) à Barcena, avec une vitesse de 30 kilomètres.

» La vitesse moyenne ne fut que de 10 à 12 kilomètres.

» L'eau du tender et des cylindres mouillait les rails. »

Dans la partie de la ligne où la machine patina et s'arrêta la première fois (rampe de 19 mill. en alignement droit), la résistance était de :

$$155 \times 25 + 45 \times 28 = 5135 \text{ kilog.}$$

Le poids utilisé pour l'adhérence (28000 kilog.) ne représente que cinq fois et demie cet effort de traction, ce qui explique le patinage.

Il est assez naturel d'admettre que lors du second arrêt qui se produisit (en rampe de 15 mill. et en courbe de 275 mètres), la machine se trouvait dans des conditions analogues, c'est-à-dire que la résistance était d'environ 5100 kilog. ; il en résulte que l'excès de la résistance due à une courbe de 275 mètres de rayon serait égal à la résistance sur une rampe de $19^{mm} - 15^{mm} = 4^{mm}$, soit 4 kilog. par tonne.

Les ingénieurs du chemin de Santander admettent, du

reste, que dans de bonnes conditions de temps, ces machines peuvent remorquer, sur rampe de 20 mill., 120 tonnes, à la vitesse de 20 kilomètres à l'heure, ce qui représente un effort de traction de 4260 kilog., et un travail développé de 315 chevaux.

Quant aux machines à marchandises, des observations ont été faites sur le même trajet, de Fraguas à Barcena. Elles ont donné les résultats ci-dessous :

« 1° Train de 152 tonnes; vitesse (sans arrêts aux stations) $23^{kilm},55$; pression dans la chaudière, $7^{atm},5$; vent doux, rails secs;

2° Train de 162 tonnes; vitesse, 19 kilom.; pression, 8 atmosphères;

3° Train de 192 tonnes; vitesse, 16 à 17 kilom. »

Le tableau d'autre part résume les résultats de toutes ces expériences et indique le rapport du travail fourni au poids de la machine, approvisionnements compris; soit le nombre de chevaux correspondant à chaque tonne de machine et le poids de machine correspondant à chaque force d'un cheval fournie.

On peut conclure de ce tableau que le travail fourni moyennement est de 300 à 310 chevaux, soit environ 7 chevaux par tonne, et que le poids des machines est de 140 à 150 kilog. par force de cheval.

MACHINES A VOYAGEURS.

DÉSIGNATION.	PARCOURS.	EFFORT de TRACTION.	VITESSE		TRAVAIL		RAPPORT	
			en kilomètre par heure.	en mètres par seconde	en kilogrammes.	en chevaux	du travail au poids de la machine	du poids de la machine au travail
Train de 110 tonnes. . . .	7800 m.	2770k.	30k."	8m.33	23074	308ch.	6ch.8	146kg.
Train de 50 tonnes	2900	1986	32.5	9 .04	17953	239	5 .3	188
Id. 50 —	2100	2339	32.9	9 .13	21355	285	6 .3	158
Id. 50 —	3200	2746	33.5	9 .31	25894	345	7 .6	131
Moyenne. Train de 50 tonnes.	8200	2386	32.9	9 .16	21856	291	6 .5	153
Moyenne générale.	16000	2575	31.45	8 .74	22488	300	6 .7	150
Évaluation des ingénieurs. .	»	4260	20. »	5 .56	23670	315	7 .»	143

Effort de traction par m.² de surface de chauffe. 22 à 36 k.
Id. id. de grille. . 102 à 133

Travail produit par m.² de surface de chauffe. 2ch.5
Id. id. de grille. . 118

MACHINES A MARCHANDISES.

DÉSIGNATION.	PARCOURS.	EFFORT de TRACTION.	en kilomètre par heure.	en mètres par seconde	en kilogrammes.	en chevaux	du travail au poids de la machine	du poids de la machine au travail
Train de 152 tonnes. . . .	8200	4464	23.55	6 .54	24105	321	7 .1	140 »
Id. 162 —	8200	4589	19. »	5 .28	24230	325	7 .2	139 »
Id. 192 —	8200	5349	16.5	4 .44	23730	316	7 .0	142 »
Moyenne.	8200	4800	19.63	5 .42	24020	20	7 .1	140 5

Effort de traction par m.² de surface de chauffe. 34k.6
Id. id. de grille. . 180

Travail produit par m.² de surface de chauffe. 2ch..5
Id. id. de grille. . 120

Nous indiquons ci-après les dimensions principales des locomotives du système Vaessen, construites par la Société Léonard :

	LIÉGEOIS-LIMBOURGEOIS LOCOMOTIVE à marchandises.	ISABELLE II LOCOMOTIVE à voyageurs.	ISABELLE II LOCOMOTIVE à marchandises.
Diamètre des cylindres.	0^{m},460	0^{m},460	0^{m},460
Course des pistons.	0^{m},610	0^{m},610	0^{m},610
Diamètre des roues accouplées. .	1^{m},315	1^{m},685	1^{m},200
Nombre de roues accouplées. . .	6	4	6
Ecartement extrême des essieux accouplés, axe en axe	2^{m},800	2^{m},300	2^{m},600
Diamètre des 4 roues du train universel.	0^{m},900	0^{m},900	0^{m},800
Ecartement des essieux du train universel.	1^{m},300	1^{m},400	1^{m},250
Ecartement des essieux extrêmes.	5^{m},450	5^{m},600	5^{m},625
Foyer. Longueur intérieure en haut	2^{m},400	2^{m},400	2^{m},400
Id. Largeur d° d°	1^{m},055	1^{m},160	1^{m},160
Id. d° d° en bas.	0^{m},880	1^{m},110	1^{m},110
Id. Hauteur d° avant .	1^{m},275	1^{m},360	1^{m},360
Id. d° d° arrière	0^{m},965	1^{m},050	1^{m},060
Grille. Longueur.	2^{m},450	2^{m},450	2^{m},450
Id. Largeur	0^{m},880	1^{m},110	1^{m},110
Surface de la grille. . . . . M^2	2^{m},156	2^{m},719	2^{m},719
Tubes. Nombre.	179	200	200
Id. Diamètre extérieur . . .	0^{m},050	0^{m},050	0^{m},050
Id. Longueur	3^{m},670	3^{m},420	4^{m},120
Surface de chauffe du foyer. M^2	9^{m},570	9^{m},800	9^{m},800
Id. d° des tubes M^2	102^{m},000	107^{m},045	129^{m},036
Capacité des soutes à eau. Litres.	5,000	4,500	4,500
Id. d° à charbon. Hect.	25	20	20
Poids de la machine à vide. Tonnes.	36	35	36.5
Id. d° avec provision d°.	46.5	44.5	46
Charge sous les roues accouplées d°	37	26.5	27
Id. d° du train universel d°	9.5	18	9
Tension de la vapeur. . Atmosph.	8	8	8
Traction théorique. . . . Kilos.	7,105	5,540	7,785

VI

La quatrième machine belge qui a obtenu la médaille d'or, est une excellente locomotive express, construite par la Société *John Cockerill, de Seraing*, d'après les plans de M. Belpaire, ingénieur en chef des chemins de fer de l'État.

Ce type de machine (planche 4 bis) est à six roues, dont les quatre d'arrière sont accouplées. Elle remorque, en service courant, 15 voitures à voyageurs, à la vitesse de 75 kilomètres à l'heure, sur des rampes de 5 millimètres. Sa consommation, les allumages et stationnements compris, est, par kilomètre de parcours, de 8 kilogrammes de charbon menu, dont le prix moyen est actuellement de 9 francs.

Beaucoup d'ingénieurs critiquent l'emploi de la machine à quatre roues couplées au service des trains de grande vitesse; mais, en Belgique, il y a lieu de tenir compte de l'admission, dans presque tous les express, des voitures de toutes classes, qui constituent des trains lourdement chargés, et de la nécessité de gravir des rampes même supérieures à 5 $^{m}/_{m}$ (lignes de la Vesdre, de Hal à Tournai, de Braine à Gand, etc.). Ce sont ces circonstances qui ont commandé à l'État belge l'adoption de ce type de machine.

Dans la machine exposée, les cylindres, les tiroirs, les mécanismes de transmission et de distribution sont

intérieurs. La planche 4 ter indique le mouvement des tiroirs.

Le châssis est formé de doubles longerons extérieurs et intérieurs, dressés sur leurs faces, et d'une épaisseur de 22 millimètres. L'essieu moteur, renforcé par les longerons intérieurs, est nécessairement coudé. Les coulisses de distribution sont munies de contre-poids. Les barres d'excentriques sont longues.

Toutes les roues ont des supports extérieurs, et les roues motrices ont des supports intérieurs additionnels. Les ressorts des roues couplées ont des balanciers compensateurs, tandis que les ressorts des roues porteuses sont réglés par des écrous.

Les roues d'arrière, garanties par le cendrier, sont sous le foyer. C'est une bonne position pour la stabilité.

Pour permettre à la chaudière de se dilater sans fatigue, un jeu longitudinal a été ménagé dans l'attache des longerons à la boîte à feu. Les tôles-supports, fixées aux longerons extérieurs, ont une élasticité suffisante pour que la dilatation puisse se produire sans inconvénients pour les attaches.

Les tôles-supports de la chaudière sont fixées aux longerons par des fers d'angle de 76 millimètres; celles de ces tôles qui supportent le corps cylindrique ont 20 millimètres d'épaisseur et sont rivées à ce corps par deux cornières.

Le foyer est du système Belpaire que nous avons déjà décrit. La chaudière, faite en tôles de 11 millimètres d'épaisseur, a une longueur de $2^{m},970$. Les tubes, au nombre de 208, ont un diamètre extérieur de 45 millimètres; leur longueur est de 3 mètres 100 et leur épaisseur de 2 1/2 millimètres.

La boite à feu extérieure a une longueur intérieure de 2^{m},884 et elle est reliée au corps cylindrique au moyen d'une selle forgée, sans l'aide de fers d'angle.

La chaudière est alimentée au moyen de 2 injecteurs Giffard horizontaux, de 13 millimètres au jet de vapeur. Elle porte les deux soupapes particulières aux locomotives de l'État belge : l'une à l'arrière, avec levier et balance; l'autre, à ressorts, fixe et inaccessible, sur le sommet du dôme d'avant.

Le relevage des coulisses se fait par un appareil à vis. L'échappement est variable à deux lanternes superposées. La sablière se trouve au-dessus du corps cylindrique.

La surface de chauffe totale est de 90 mètres carrés 50. — La machine, à vide, pèse environ 30 tonnes. Chargée, son poids est de 33,300 kilog. répartis comme suit :

Essieu d'avant.	9,100	kilog.
» du milieu. . . .	12,400	»
» d'arrière	11,800	»

Dans les machines à quatre roues couplées de l'État belge, la charge sur l'essieu du milieu est un peu plus forte que celle qui pèse sur l'essieu d'arrière, dans le but d'éviter la fatigue des bielles et surtout d'en empêcher la rupture, en cas de patinage des roues : il est désirable que les roues d'arrière commencent à patiner les premières.

Les essieux sont en acier Bessemer, et les roues entièrement en fer forgé, le moyeu compris. Les boites à graisse extérieures sont en fonte, et les boites intérieures des roues motrices, en fer forgé.

Les bandages sont en acier fondu Bessemer d'une épaisseur de 63 millimètres sur la partie de roulement.

Les ressorts sont en acier fondu de premier choix, et les pièces à frottement de la suspension, ainsi que les colonnes-supports, sont cémentées et trempées.

Les bielles motrices sont en fer, et leurs têtes sont cémentées et trempées; les bielles d'accouplement sont en acier fondu.

Les poulies excentriques sont en fer cémenté. Les coulisses, tringles de suspension et de transmission de mouvement, leviers etc., servant à la distribution de la vapeur, sont en fer à fins grains. Les coulisseaux sont en acier fondu.

Les glissières des cylindres sont en bronze. Les pistons, forgés d'une seule pièce avec la tige, sont en acier fondu, de qualité extra. Les crosses de piston sont cémentées et trempées. Les coulisseaux des crosses sont en fonte fine mélangée de 3 p. c. d'étain. Les guides sont en acier fondu, munis de réservoirs d'huile à siphon, venus de forge et fermés par une glissière en cuivre percée d'un trou fileté.

La machine ne porte pas de toiture destinée à abriter le mécanicien.

La locomotive exposée est fort bien construite et est surtout remarquable par la répartition de la charge. Les établissements Cockerill, d'où elle sort, en ont fourni les diverses pièces et l'ont complétement terminée en trois mois.

Voici ses principales conditions d'établissement :

Longueur de la grille	2m,740
Largeur -	1m,720

Surface de la grille. . . .	$3^{m^2},06$
Longueur du foyer. . . .	$2^{m},68$
Largeur »	$1^{m},080$
Hauteur »	1,085-1,335
Nombre des tubes	208
Diamètre extérieur des tubes. .	$0^{m},045$
Épaisseur des tubes. . . .	$0^{m},0025$
Longueur des tubes. . . .	$3^{m},100$
Surface de chauffe des tubes . .	$80^{m},^{2}$
» du foyer . .	$10^{m},^{2}50$
» totale. . .	$90^{m},^{2}50$
Longueur de la chaudière. . .	$2^{m},970$
Diamètre » . . .	$1^{m},260$
Diamètre des cylindres. . .	$0^{m},430$
Course des pistons. . . .	$0^{m},560$
Nombre d'essieux	3
Nombre d'essieux accouplés . .	2
Écartement des essieux extrêmes .	$4^{m},630$
Diamètre des roues d'avant . .	$1^{m},200$
» » du milieu. .	$2^{m},000$
» » d'arrière. .	$2^{m},000$
Pression de marche. . . .	8 atmosphères.
Poids de la machine vide. . .	30 tonnes
Poids de la machine chargée . .	33 tonnes 3/10.

PRUSSE.

V

En quittant l'annexe réservée aux locomotives belges, dirigeons-nous vers la porte qui fait face à l'École militaire et entrons dans le compartiment prussien. Là, nous rencontrons la très-belle locomotive de *M. Borsig, de Berlin*, à laquelle le jury a décerné la médaille d'or.

M. Borsig est le constructeur qui a, un des premiers, fait entrer l'acier fondu dans la construction des locomotives. Les matières mises en œuvre par lui sont excellentes. Dejà, en 1862, M. Borsig montrait le parti qu'on peut tirer de l'acier fondu, en produisant une bielle d'une très-grande légèreté. Sa machine de 1867 témoigne des efforts qu'il fait pour rester fidèle à ce principe: obtenir, par l'emploi de matières de premier choix, le poids mort le plus faible et en même temps la plus grande résistance.

La machine de M. Borsig est destinée à un service mixte; elle est munie d'un tender dont elle est séparée. Elle a six roues dont les quatre d'arrière sont couplées au moyen d'une bielle d'une légèreté remarquable. — Les quatre ressorts des roues couplées sont rendus solidaires par l'intermédiaire d'un balancier, tandis que l'essieu de

devant a un ressort transversal. La machine est donc suspendue en quelque sorte sur trois points. Les glissières des pistons sont en acier fondu et embrassent un coulisseau mobile remplaçant les crosses de pistons ordinaires.

Les cylindres sont extérieurs. La coulisse de Stéphenson est appliquée aux tiroirs, qui sont simples et intérieurs. Le levier de changement de marche manœuvre dans un secteur à crans, portant, des deux côtés du point supérieur de la courbe, les indications suivantes : $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$, $\frac{3}{4}$, indications qui correspondent aux ouvertures des tiroirs.

Les roues sont sous le corps cylindrique. Le bâti est extérieur et formé de deux longerons fortifiés par des entretoises en tôle. Il est tout droit depuis la boîte à fumée jusqu'au foyer.

La machine n'a pas de pompes ; elle est munie de deux injecteurs Krauss, de puissance inégale.

La planche VII montre en élévation une locomotive sortant des ateliers de M. Borsig et dont les dispositions générales sont semblables à celles de la machine exposée.

Le foyer est disposé pour brûler convenablement le coke qui sert de combustible. Il est à deux étages. Cette disposition offre l'avantage de provoquer promptement la formation d'une grande quantité de vapeur. Il suffit, pour cela, de pousser le combustible sur l'étage inférieur, qui est mobile et qui peut être renversé au moyen d'un mécanisme extérieur à leviers placé latéralement à la chaudière sur le marche-pied. Ce foyer peut servir lui-même à faire du coke.

La chaudière en tôle d'acier est formée d'anneaux sou-

dés longitudinalement et rivés doublement dans le sens transversal, au moyen de bandes extérieures. On a tenu compte des effets de la dilatation de la chaudière en donnant à celle-ci, aux endroits où elle repose sur les longerons, une plus forte épaisseur en cuivre jaune. De cette manière, le frottement est plus doux que celui du fer contre du fer. — L'enveloppe de la chaudière porte, de chaque côté, une rampe, dont se sert le machiniste lorsqu'il circule sur le marche-pied. Sept *loups* disposés de chaque côté de la chaudière servent à en opérer le nettoyage.

L'échappement est variable.

Les deux soupapes sont fixées : l'une, sur le dôme, à vapeur; l'autre, sur le dôme du foyer.

Les manivelles sont du système Hall, que nous retrouverons en parlant des machines autrichiennes.

Le mouvement, les tiges, les bielles de piston et d'accouplement, les axes des manivelles sont en acier fondu.

La machine porte un abri complet pour le mécanicien. Les deux anneaux en verre placés à la partie antérieure de la guérite peuvent s'ouvrir et se nettoyer avec facilité.

Le tender est très-bien construit; il a six roues et il est muni de ressorts équilibrés par des balanciers. Sa partie extérieure est en tôle, et sa partie intérieure en cuivre jaune, pour éviter l'oxydation. Ses boîtes à graisse ont une disposition spéciale qui mérite d'être signalée : le dessous de chaque boîte peut basculer, en se rabattant autour de deux espèces de charnières latérales, de manière à mettre la fusée à nu : il est aisé ainsi, sans lever le tender, de visiter la boite et de la nettoyer. Le tender porte un frein puissant se manœuvrant à la main.

Donnons, ci-après, les dimensions de la locomotive de M. Borsig :

VAPORISATION.

Longueur de la grille	$1^{m},726$
Largeur »	$0^{m},994$
Surface »	$1^{mq},7156$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille, à l'avant	$1^{m},373$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille, à l'arrière.	$0^{m},719$
Nombre des tubes	194
Longueur des tubes.	$3^{m},452$
Diamètre intérieur des tubes. . .	41^{mm}
Épaisseur des tubes.	$2\ 1/2^{mm}$
Surface de chauffe intérieure des tubes.	$86^{mq},294$
Surface de chauffe du foyer. . .	$6^{mq},774$
Surface de chauffe totale. . . .	$93^{mq},068$
Diamètre de la chaudière. . . .	$1^{m},321$
Épaisseur de la tole (d'acier) du corps cylindrique.	$11\ 1/2^{mm}$
Timbre de la chaudière.	8 atmosphères.
Volume d'eau contenu dans la chaudière avec $0^{m},10$ d'eau au-dessus du foyer.	$3^{m^3},2312$
Volume de vapeur contenu dans la chaudière avec $0^{m},10$ d'eau au-dessus du foyer.	$1^{m},{}^{3}8320$
Longueur de la boite à fumée. . .	$0^{m},712$
Diamètre intérieur de la cheminée. .	$0^{m},366$

MECANISME.

Diamètre des cylindres. . . .	0^m,406
Course du piston.	0^m,559
Nombre d'essieux.	3
Nombre d'essieux accouplés. . .	2
Écartement des roues extrêmes. . .	4^m,080
Diamètre des roues motrices. .. .	1^m,524
Diamètre des roues porteuses. . .	1^m,085

PUISSANCE.

Poids sur l'essieu d'avant. . . .	12,250 kil.
» » du milieu. . .	11,750 »
» » d'arrière . . .	11,250 »
Poids de la machine pleine. . .	35,250 »
Poids de la machine vide. . . .	31,000 »
Puissance de traction (en prenant les 0^m,65 de la pression réelle de la vapeur).	3,247 »
Effort de traction ($\frac{1}{6}$ d'adhérence). .	3,823 »

BAVIÈRE.

VI

Le royaume de Bavière et celui de Wurtemberg ont envoyé chacun une locomotive à l'Exposition. Elles se trouvent placées l'une à côté de l'autre, et elles ont obtenu la même distinction : la médaille d'or.

La locomotive exposée par la Bavière est la première sortie des ateliers de *M. Krauss, constructeur, à Munich.* Elle se distingue moins par le fini du travail que par l'originalité de la forme et les principes sur lesquels repose sa construction.

La planche 10 la représente en élévation, et la planche 9 montre les dispositions de ses organes essentiels.

C'est une machine très-curieuse, dont le châssis forme réservoir à eau. Elle est à quatre roues couplées, à cylindres et à mouvements extérieurs. Elle est destinée à remorquer toutes espèces de trains sur le chemin de fer de l'État du Grand-Duc d'Oldenbourg. — On garantit qu'elle remorque 160 tonnes, à la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, sur des rampes de 10 à 20 millimètres.

M. Krauss, dans le but de réduire les frais de réparation et d'entretien de la machine, d'une part, et d'augmenter la durée de la voie, d'autre part, a cherché à

obtenir : 1° un châssis indépendant, capable de résister à tous les chocs et de servir en même temps de base à la chaudière; 2° le moindre poids possible; 3° la suppression de toutes les pièces qui ne sont pas absolument nécessaires; et 4° une fixité complète dans plusieurs organes, tels que les injecteurs, les graisseurs, les purgeurs, organes dont l'alimentation se fait d'une manière automatique. Partant de ce programme, pas de roues de support, pas d'appareil pour le tuyau d'échappement, pas de dôme et pas d'appareil spécial pour la détente.

Dans le système Krauss, le châssis, au lieu d'être composé de deux longerons reliés entre eux par des entretoises, est disposé comme une caisse complète, formant une poutre solide. Il sert de caisse à eau et économise par conséquent le tender ou la caisse à eau spéciale des locomotives-tender. Par cette disposition du châssis, le centre de gravité se trouve placé plus bas et le poids de la locomotive diminué, et il est possible d'obtenir, en accouplant les roues, l'adhérence nécessaire pour l'effort de traction à produire.

Le châssis est, comme on le sait, la pièce de résistance de la locomotive; c'est lui qui reçoit toutes les impressions résultant de l'état de la voie et du poids des pièces en mouvement. Ces impressions communiquent à la machine une marche irrégulière et se traduisent par l'usure inégale des bandages, des coussinets et des boutons de manivelles. Elles peuvent être paralysées, il est vrai, en faisant usage de contre-poids, mais il reste toujours des forces destructives qui échappent à l'analyse et qu'il faut combattre en réduisant le poids des masses mouvantes.

En conséquence de ce qui précède, les bielles motrices

et celles d'accouplement de la machine sont construites en acier fondu et la partie de chaque bielle entre les deux têtes a une section transversale de la forme d'un I, ce qui en diminue considérablement le poids.

La chaudière, timbrée à 10 atmosphères, est faite en tôles de 8 millimètres. Elle est attachée au châssis, sans servir à le renforcer : à l'avant, d'une manière fixe et invariable; à l'arrière, du côté de la boite à feu, au moyen de supports en feuilles de tôle permettant à la chaudière de se dilater librement. L'attache des supports est faite de telle sorte qu'il est impossible aux chocs et aux vibrations de se communiquer à la chaudière.

La chaudière étant indépendante de la machine, et le châssis n'étant altéré ni dans sa forme, ni dans sa stabilité, le générateur peut être remplacé en un temps très-court.

Signalons la disposition du régulateur qui se trouve placé dans la boîte à fumée et qui est manœuvré par une tringle, ayant la position indiquée à la planche 10.

Dans la construction de la boite à feu, l'espace entre les entretoises forme une calotte, permettant une dilatation relative qui ne peut se communiquer jusqu'aux coins. Cette disposition semble justifiée par le fait expérimentalement constaté que les coins de la boite à feu souffrent beaucoup. Ce fait trouve d'ailleurs en partie son explication dans l'inégale dilatation des feuilles extérieures et des feuilles intérieures, la dilatation du cuivre étant plus forte que celle du fer. Les effets de ces différences de dilatation se montrent surtout lorsque les entretoises sont trop près des coins.

Les feuilles verticales de la boîte à feu sont attachées

réciproquement par des entretoises et le ciel du foyer est lié de la même manière à la chaudière.

La surface de chauffe totale est de 80 mètres carrés 114. Le poids de la machine vide est de 16,300 kilog. Chargée, elle pèse 21,820 kilog., répartis également sur les deux essieux.

Les roues sont du système Arbel ; celles d'arrière ont un ressort transversal, qui leur est commun.

La chaudière est alimentée au moyen de deux injecteurs, d'une disposition propre à M. Krauss. Cette disposition ne renferme point de parties mobiles, lesquelles sont sujettes à se détériorer. Les dimensions des ouvertures, tant pour la vapeur que pour l'eau, ont été calculées de manière à obtenir une marche régulière de l'appareil à toutes les pressions pratiques de la vapeur. Au lieu de trois robinets, le système Krauss n'en porte que deux : l'un pour la vapeur, l'autre pour l'eau, et ils suffisent à la marche de l'appareil. — Il y a en outre le robinet du conduit d'échappement.

Un appareil automatique sert à graisser les tiroirs et les pistons, lorsque la vapeur est interceptée. Il consiste en une soupape à piston à deux canaux, laquelle interrompt, par l'effet de la vapeur, la communication entre la boîte du tiroir et le réservoir à graisse, communication qui se rétablit, après l'arrêt de la vapeur, par la pression de l'air. Le machiniste peut graisser le tout à volonté, en faisant agir pendant un instant la vapeur à pleine pression.

Pour éviter le bruit qui se produit à l'entrée des gares, lorsqu'on ouvre les robinets purgeurs, l'eau de condensation est évacuée au moyen de soupapes automatiques, dont nous doutons que les effets puissent être

complets. Ce sont de simples soupapes fermées pendant le temps où la vapeur agit à pleine pression, et ouvertes, par l'effet d'un ressort, pendant le temps de l'expulsion de la vapeur. De cette manière, l'eau de condensation peut sortir après chaque coup de piston.

La coulisse est du système Allan, ainsi que le montre la planche 10 ; elle est droite, au lieu de présenter la forme, toujours difficile à fabriquer, d'un arc de cercle.

La machine Krauss mérite d'attirer l'attention, à cause de la simplicité de plusieurs de ses organes; mais nous avons les plus grandes appréhensions à l'égard du châssis-réservoir, qu'il sera difficile de maintenir étanche et dont il est impossible de prévoir la durée.

Nous terminons en donnant à la planche 8 la disposition générale d'une machine à six roues du système Krauss.

Voici les conditions d'établissement de la machine à quatre roues qui est exposée :

VAPORISATION.

Longueur de la grille	$0^m,950$
Largeur —	$1^m,000$
Surface —	$0^{mq},950$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.	$1^m,380$
Volume de la boîte à feu. . .	$1^m,311$
Nombre des tubes. . . .	156
Longueur des tubes (entre les plaques).	$3^m,500$
Diamètre intérieur des tubes. .	$0^m,040$
Épaisseur des tubes. . . .	$0^m,002$

Surface de chauffe des tubes. .	75^{mq},47
" " du foyer . .	4^{mq},644
" " totale. . .	80^{mq},114
Diamètre moyen du corps cylindrique.	1^{m},164
Épaisseur de la tôle. . . .	0^{m},008
Timbre de la chaudière. . .	10 atmosphères.
Volume d'eau contenu dans la chaudière, avec 0^{m},10 au-dessus du ciel du foyer	3^{m},116
Volume de vapeur contenu dans la chaudière avec 0^{m}10 d'eau au-dessus du ciel du foyer	1^{m},410
Longueur intérieure de la boîte à fumée.	0^{m},730
Longueur transversale de la boîte à fumée.	1^{m},160
Diamètre intérieur de la cheminée.	0^{m},350

MÉCANISME.

Diamètre des cylindres. . .	0^{m},355
Course des pistons. . . .	0^{m},560
Nombre d'essieux accouplés . .	2
Écartement des roues extrêmes. .	2^{m},450
Diamètre des roues. . . .	1^{m},500

PUISSANCE.

Poids sur chaque essieu. Locomotive chargée, y compris le volume d'eau alimentaire 2^{m},404. . .	1° 10,910 kil. 2° 10,910 "
Poids total de la locomotive chargée	21,820 "

Poids total de la locomotive vide.	16,300 kil.
Puissance de traction comprenant les $0^m,65$ de la pression effective. .	4,780 -

---

WURTEMBERG.

VII

La locomotive du Wurtemberg, exécutée dans les ateliers de *M. Kessler, à Eslingen*, fait partie d'une commande de vingt machines destinées aux chemins de fer de l'Inde orientale, dont la voie a un écartement de $1^m,70$. Les plans et le cahier des charges de cette fourniture ont été élaborés en Angleterre.

N° 800.

La locomotive de M. Kessler est bien construite. Les matières sont de bonne qualité et l'ajustage est irréprochable. Mais l'exécution de la partie intérieure du foyer nous a paru beaucoup inférieure à celle des autres parties de la machine.

La machine est mixte, à six roues, dont les quatre d'arrière sont couplées. Les cylindres sont extérieurs et inclinés. La distribution est intérieure.

Le châssis est extérieur et droit d'un bout à l'autre. Les bandages sont en acier et boulonnés entre deux

rayons successifs. Les pièces du mécanisme sont en acier fondu.

L'essieu d'arrière se trouve derrière le foyer qui est très-profond. Les ressorts sont indépendants.

La surface de chauffe totale est de 88 mètres carrés 38. Le poids de la machine en ordre de marche est de 32 ½ tonnes, et, à vide, de 29 ½ tonnes.

La machine porte un appareil de changement de marche à vis, et la rampe supporte un abri pour le mécanicien. Cet abri est destiné à être recouvert d'une toile.

Voici les principales conditions d'établissement de la machine de M. Kessler :

Diamètre des cylindres.	0^{m},406
Course des pistons	0^{m},559
Longueur du foyer	1^{m},30
Largeur	1^{m},30
Hauteur	1^{m},30
Nombre des tubes	168
Diamètre extérieur des tubes.	0^{m},0472
Longueur des tubes.	3^{m},35
Surface de chauffe du foyer	9^{mq},08
" " des tubes.	79^{mq}
Surface de la grille.	1^{mq},68
Diamètre des roues d'avant	1^{m},09
Diamètre des roues couplées.	1^{m},70
Poids de la machine pleine	32 ½ tonnes.
" " vide.	29 ½ tonnes.

AUTRICHE.

VIII

L'Autriche occupe une place distinguée au Palais du Champ de Mars, non par le nombre des locomotives qui la représentent, mais par le grand intérêt qu'elles offrent.

Son compartiment est remarquable par les deux belles locomotives du système Hall, exposées par *M. Sigl de Vienne*, et surtout par la « Steierdorf » qui figurait déjà à Londres en 1862, et que trois années d'un service non interrompu ont laissée dans un état parfaitement satisfaisant.

Une des machines de M. Sigl est à huit roues couplées (planche 11). Elle est destinée à remorquer des trains de marchandises sur le chemin de fer russe de Moscou-Kursh. Les cylindres et les tiroirs sont extérieurs. Le mécanisme de transmission et celui de la distribution sont aussi extérieurs. Les manivelles sont légères et leurs têtes pénètrent dans les boîtes à graisse. Tout étant extérieur, l'espace entre les roues est entièrement libre.

Les essieux sont naturellement droits et les roues se trouvent sous le corps de la chaudière. Les ressorts sont

équilibrés par des balanciers, à l'exception des ressorts extrêmes qui sont réglés par des écrous.

Le foyer et sa longue chaudière sont très-bas. La cheminée en forme d'entonnoir et la disposition du foyer indiquent que le bois est employé à produire la vapeur. La cheminée est munie d'un rejette-étincelles, semblable à celui de la machine américaine.

Les longerons, à deux flasques réunies par une bande de fer laminé, sont découpés dans des feuilles de tôle reliées entre elles par de fortes entretoises de même métal qui soutiennent le corps cylindrique.

Le relevage de la coulisse, qui est du système Allan, se fait au moyen d'un appareil à crans. La machine porte deux giffards dont les manivelles sont disposées obliquement, des deux côtés, au-dessus du foyer. Elle porte aussi deux soupapes à balance du système Egenhoffen, dont la plus élevée, qui marche naturellement la première, est placée dans le dôme près de la cheminée, et l'autre, dans le dôme près du foyer.

Le poids de la machine en ordre de service est de 49 tonnes et il correspond à une surface de chauffe totale de 176 mètres carrés. Ce poids, comparé à la surface de chauffe, est assurément élevé, et c'est là un reproche que ne manqueront pas d'adresser à la locomotive autrichienne les adversaires du système à huit roues couplées.

La sablière se trouve sur le marche pied et se manœuvre au moyen d'un levier.

Un abri très-grand couvre le foyer et un des dômes traverse cet abri. Deux anneaux en verre peuvent s'ouvrir ou se fermer à volonté. Latéralement, l'abri n'est pas fermé.

Le mécanisme complet est en acier fondu et les roues sont en fer forgé.

Comme on le voit, le système Hall, dont les ingénieurs allemands disent le plus grand bien, est caractérisé par l'emploi d'un châssis extérieur, de cylindres extérieurs et de manivelles disposées d'une manière particulière. En Autriche, les machines à châssis et à cylindres intérieurs ont disparu ; elles ont été remplacées par le système à châssis intérieur et à cylindres extérieurs et par le système Hall : la lutte continue d'exister entre ces deux systèmes.

Pour se rendre compte des avantages que signalent les partisans du système Hall, comparé au système à châssis intérieurs et à cylindres extérieurs, montrons les dispositions générales de ces deux genres de machines.

La figure 1 de la planche 12 représente une locomotive à marchandises à châssis intérieurs et à cylindres extérieurs (1).

La figure 3 de la planche 12 représente une locomotive à voyageurs à châssis intérieurs et à cylindres extérieurs.

La figure 2 de la planche 12, une locomotive à marchandises du système Hall.

La figure 4 de la planche 12 représente une locomotive à voyageurs du système Hall.

En partant du milieu transversal de la machine, il est aisé de remarquer que le système à châssis intérieur a pour conséquence de placer les essieux dans le plan des châssis et des ressorts et les roues dans le plan des cylindres; tandis que le système Hall a pour effet de

(1) Voir la notice de M. Sigl, publiée à Vienne.

rapprocher les roues du milieu de la machine et de placer les ressorts dans le plan des châssis et des cylindres. Or, on ne peut méconnaître que deux des causes qui donnent naissance aux mouvements irréguliers que les ressorts transmettent à la machine, à savoir la pression des bielles sur les ressorts et les inégalités de la voie, dépendent de l'éloignement constant du plan des ressorts de celui de l'essieu. L'avantage est donc en faveur du système Hall. Aussi les ingénieurs autrichiens font-ils un grand éloge de la marche remarquablement sûre et tranquille des machines du système Hall. D'après eux, les causes du cahotement, produites d'ailleurs dans les mêmes circonstances, ont un effet infiniment plus marqué dans les locomotives à châssis intérieur que dans les machines du système Hall. Par l'impulsion de la bielle, la locomotive de ce système serait soulevée de 80 à 82 % de moins, et, par un choc du côté de la voie, de 56 % de moins que dans les machines à châssis intérieur. Il n'est pas douteux que la chaudière très-profonde du système Hall contribue puissamment à la sûreté de la marche. Grâce à cela, les ressorts subissent peu de déformation et ont une longue durée.

Au dire des ingénieurs allemands, l'expérience prouve qu'avec des machines du système Hall, la voie se détériore moins vite et coûte moins cher d'entretien qu'avec des machines à châssis intérieur, les circonstances étant les mêmes.

Les planches 11, 12 et 13 mettent en évidence quelques avantages du système Hall, que nous allons résumer : distance plus grande des longerons entre eux, permettant d'agrandir la largeur du foyer, et conséquemment plus grande surface de chauffe et plus grande largeur

pour les tubes. — Surveillance aisée des ressorts et des essieux, placés en dehors des roues. — Grande aisance dans le mouvement, résultant de la position des essieux et des cylindres, par rapport aux autres parties de la machine.

Les locomotives du système Hall ont d'abord été employées sur les chemins de fer de la Bavière, de la Suisse et du Sud de l'Autriche, et aujourd'hui plus de 400 machines de ce système circulent sur diverses lignes.

Voici les dimensions de la machine à huit roues accouplées de M. Sigl :

Diamètre des cylindres. . . .	0.530
Course du piston.	0.632
Nombre des tubes.	220
Longueur "	4m,724
Diamètre "	0.051
Surface de chauffe des tubes. . .	166mq32
" " du foyer. . .	9mq68
Surface de la grille.	1mq82
Diamètre de la chaudière . . .	1.524
Pression de la vapeur. . . .	9 atmosphères.
Diamètre des roues.	1m,220
Écartement des essieux extrêmes. .	3m,885
Longueur extrême.	3m,134
Hauteur extrême.	4m,808
Poids vide.	43 1/2 tonnes.
Poids en ordre de service . . .	49 "
Répartition : 1er essieu d'avant . .	11 1/2 "
" 2e " " . .	12 1/2 "
" 3e " " . .	13 "
" 4e " " . .	12 "

TENDER.

Volume d'eau	10^{m^3} 5
Volume pour le combustible . . .	10^{m^3}
Diamètre des roues.	1^m,020
Écartement des essieux extrêmes. . .	3^m,160
Largeur extrême	3^m,055
Poids vide.	12 1/2 tonnes.

IX

La deuxième locomotive du système Hall, exposée par *M. Sigl*, est destinée à remorquer des trains de 300 tonnes, à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure. Elle est mixte, à six roues, dont les quatre d'arrière sont couplées.

Les cylindres et le châssis, qui est simple, sont extérieurs. Distribution intérieure. Système de manivelles extérieures, dont la tête pénètre dans la boîte à graisse.

La chaudière à double rivure et le foyer sont très-bas. La cheminée est disposée pour brûler du charbon. Les ressorts des roues couplées sont munis de balanciers compensateurs; les autres ressorts sont réglés par des écrous.

Le châssis est découpé de la même manière que celui de la machine à huit roues accouplées.

La machine porte deux giffards particuliers et deux soupapes de sûreté absolument semblables à ceux de la machine précédente; seulement, la soupape du foyer ne traverse pas le toit de l'abri qui est très-grand.

Dans cette construction, on a fait un emploi considérable d'acier fondu.

Ci-après les conditions d'établissement de cette machine :

Diamètre des cylindres.	0.406
Course du piston.	0.632
Nombre des tubes.	150
Longueur de la chaudière	4.30
Diamètre (extérieur) des tubes.	0.05
Surface de chauffe des tubes.	$101^{mq}5$
— du foyer.	$7^{mq}5$
— de chauffe totale.	109^{mq}
— de la grille.	$1^{m},31$
Diamètre de la chaudière	$1^{m},26$
Pression de la vapeur.	8 atmosphères.
Diamètre des roues couplées.	$1^{m},57$
Diamètre des roues non couplées.	$1^{m},27$
Écartement des essieux extrêmes.	$3^{m},36$
Longueur extrême.	$8^{m},37$
Largeur "	$2^{m},82$
Hauteur "	$3^{m},876$
Poids vide.	29 1/2 tonnes.
Poids en ordre de service	33 tonnes.
Répartition sur l'essieu d'avant	10 1/2 tonnes.
— — du milieu.	11 "
— — d'arrière.	11 1/2 "

Le travail des deux machines de M. Sigl est très-bon et fait honneur à son constructeur : il a obtenu la médaille d'or.

X

Une médaille d'or a été décernée à la locomotive « Steierdorf » déjà couronnée en 1862 et qui se trouve exposée derrière les machines de Sigl.

Cette machine, construite en 1861, aux ateliers *des chemins de fer de l'État, à Vienne,* d'après les études dirigées par M. Engerth, est la même qui figura à l'Exposition de Londres et qui eut le privilége de soulever, sur sa valeur, des appréciations divergentes en plusieurs points. La théorie cependant donnait raison au système ingénieux de la Société autrichienne, mais à cette construction, nouvelle sous plusieurs rapports, il manquait encore la consécration de la pratique.

Après trois années d'un service non interrompu et sans avoir subi aucune grosse réparation, la « Steierdorf » nous est revenue dans un état complétement satisfaisant.

Pour l'intelligence de ce qui va suivre, il est nécessaire de rappeler les circonstances au milieu desquelles elle est née et les conditions auxquelles elle devait satisfaire.

Destinée à effectuer économiquement le transport des charbons sur le chemin de montagne d'Oravicza à Steierdorf, qui dessert le bassin houiller de Steierdorf, la locomotive autrichienne devait remorquer, sur une voie composée de rails Vignole de 28 kilog. au mètre courant et ayant des rampes de 20 millimètres, 25 wagons vides

représentant une charge brute de 110 tonnes, à la vitesse de 12 à 15 kilomètres à la remonte et dans des courbes de 114 mètres de rayon. L'effort de traction était calculé à 5,000 kilog. et le poids adhérent sur les roues motrices, à 40 tonnes.

Les rails ne devant pas supporter une charge supérieure à 9 1/2 tonnes par essieu, il en résultait que 5 essieux étaient nécessaires à la répartition de la charge; et en même temps que les courbes du tracé exigeaient de partager les essieux en deux groupes pouvant prendre un déplacement angulaire, l'un par rapport à l'autre, il fallait obtenir l'adhérence nécessaire en accouplant les roues. C'était donc une machine flexible, à dix roues couplées et à trains indépendants, que la science des locomotives devait produire.

Dans la machine exposée à Londres, l'essieu d'arrière supportait une charge maxima de 12 tonnes, qui dépassait de 2 1/2 tonnes la charge normale : l'excèdant provenait de ce que le tender portait les caisses à eau et à charbon.

Afin de faire disparaître la surcharge qui pesait à l'origine sur cet essieu, on a allégé la charge du tender, en reportant le réservoir d'eau, sur un fourgon qui constitue la troisième partie de la machine et qui contient deux compartiments : l'un destiné à abriter le chef du train et l'autre à recevoir les bagages et divers approvisionnements nécessaires au personnel de la ligne.

Le procès-verbal dressé, le 24 septembre 1866, par les ingénieurs spéciaux de l'Autriche chargés d'apprécier la puissance de traction et l'état de la machine « Steierdorf », prouve que les conditions du programme ont été dépassées. La course d'essai et la moyenne des résultats

de l'exploitation constatent que la charge brute remorquée à la remonte s'est élevée à 124 tonnes.

Par suite du glissement des roues sur les rails couverts de verglas, le faux essieu, trop faible, d'un fer trop doux, fut ployé, au commencement de 1864; mais depuis que cet essieu a été remplacé par un autre en acier Bessemer, il ne s'est plus produit aucun accident.

La locomotive « Steierdorf », représentée planches 14 et 15, est à cylindres et à mouvement de transmission extérieurs, la distribution étant placée entre les roues.

Les roues des deux trains sont accouplées par l'intermédiaire d'un faux essieu. Le procédé d'accouplement, qui sera indiqué plus loin, est dû à M. Pius Fink, ingénieur des chemins de fer de l'État, en Autriche.

La machine a deux châssis extérieurs ou deux groupes distincts : celui d'avant embrasse trois essieux parallèles et porte les cylindres, le mécanisme moteur et la distribution de vapeur; celui d'arrière, disposé en arrière train mobile, embrasse deux essieux aussi parallèles entre eux et porte les pièces de la transmission par faux essieu, la plate-forme où se tient le personnel et les compartiments à charbon. — Un des caractères essentiels de la « Steierdorf, » c'est que l'arrière train mobile reçoit le mouvement par un mécanisme à faux essieu, avec une espèce de parallélogramme articulé, cédant à toutes les inflexions des ressorts et de la voie. L'écartement d'axe en axe des essieux parallèles extrêmes est de $2^m,212$ dans chacun des deux trains. — Les châssis, réunis entre eux au moyen d'une cheville ouvrière, sont consolidés par des entretoises, et ils portent aux abouts de fortes traverses servant à recevoir la cheville ouvrière. Cette dernière est un fort boulon, sphérique au

centre, qui s'engage dans un coussinet sphérique porté par la traverse du châssis d'arrière et pouvant lui-même se déplacer verticalement dans un guide, de manière à former un joint qui se prête à toutes les inflexions voulues.

Les deux châssis articulés portent la chaudière : la boite à fumée est solidement fixée au châssis d'avant et la boîte à feu repose sur le châssis d'arrière, par l'intermédiaire d'un étrier embrassant le cendrier. Un galet interposé facilite le déplacement relatif du tender. — La chaudière repose en outre sur trois supports. Les manivelles du système Hall sont extérieures aux roues et calées sur les essieux prolongés : les douilles de calage servent en même temps de fusées aux essieux. Les roues sont des disques en fonte (système Ganz), avec bandages en acier fondu dont la conicité est de 1 : 10, eu égard à la raideur des courbes.

Les deux essieux montés d'avant sont absolument semblables, de manière à permettre le remplacement de la paire de roues montées d'avant, dont les boudins seuls subissent une usure plus qu'ordinaire, et à retarder ainsi le moment où il devient nécessaire de rafraîchir les bandages.

Comme particularité, la machine « Steierdorf » porte un frein à vapeur qui agit sur les roues du groupe d'avant, au moyen de sabots appliqués au sommet des roues. Cet appareil se compose de deux cylindres à vapeur verticaux disposés sous le corps cylindrique, dont les pistons portent des balanciers agissant chacun sur la paire de roues, du côté correspondant de la machine.

Pour faire agir le frein, il suffit d'ouvrir un robinet

placé à portée du machiniste; le robinet fermé, les pistons retombent et le frein se trouve desserré.

Une valve (système Zeh), placée dans le tuyau d'échappement de la vapeur et commandée par un mécanisme sous la main du machiniste, sert à modérer la vitesse à la descente. La manœuvre en est aisée et l'efficacité se règle par l'ouverture plus ou moins grande du régulateur. L'emploi de cette valve a l'avantage de lubrifier les pistons à la descente et de les empêcher de gripper. Mais des expériences récentes ont décidé la Société autrichienne des chemins de fer de l'État à appliquer, d'une manière générale, sur le nouveau réseau, la contre-vapeur, d'après le procédé, reconnu aujourd'hui très-efficace, des chemins de fer du Nord de l'Espagne.

Le châssis du fourgon est tout en fer; le réservoir d'eau, placé sous le plancher du fourgon, a une capacité de 5.4 mètres cubes.

Le poids plein de la machine, avec son fourgon, est de 57,600 kilog., répartis de la manière suivante :

Charge sur le 1er essieu.		9,200	kilog.
2e	—	9,100	»
3e	—	8,750	»
4e	—	6,250	»
5e	—	9,100	»
6e	—	7,550	»
7e	—	7,650	»

Le poids adhérent est de 42,400 kilog. La surface de chauffe totale est de 123 mètres carrés.

Le principe sur lequel repose le procédé d'accouplement des essieux non parallèles, est le suivant : relier entre eux les boutons des manivelles des roues montées,

exactement de la même manière que les fusées des essieux de ces roues le sont elles-mêmes.

Le faux essieu, placé au-dessus du premier essieu du tender, reçoit le mouvement d'un système de bielles, et il est relié aux deux trains articulés par un système de leviers qui ont pour but de conserver le parallélisme de part et d'autre, les assemblages permettant l'inflexion des bielles dans tous les sens.

Voici, au surplus, comment ce mécanisme ingénieux est décrit par la Société autrichienne :

« *A* et *B* sont les essieux à accoupler, savoir : le premier essieu du train d'arrière, et le dernier essieu du train d'avant. (Planche 15, fig. 1, 2 et 3.)

C faux essieu situé au-dessus de l'essieu *A* du tender et reposant dans les coussinets des supports *P*.

Q cheville ouvrière attelant ensemble les deux trains *d* et *e*.

P support vertical reposant sur l'essieu *A* du tender par le palier *T* et recevant le faux essieu dans le palier supérieur *S*. Les tourillons en *T* et *S* sont sphériques, de manière à permettre aux essieux *A* et *C* de se déplacer l'un par rapport à l'autre, suivant les oscillations du support *P*, sans que la distance entre les deux essieux *A* et *C*, mesurée suivant l'axe du support *P*, puisse changer.

En conséquence, le faux essieu peut prendre un déplacement angulaire par rapport à l'essieu du tender sans cesser toutefois de rester horizontal ; il peut aussi suivre les déplacements de l'essieu du tender, causés par les irrégularités de la voie, ou par un obstacle imprévu.

Les tiges *F* relient les boîtes à graisse de l'essieu du train d'avant avec le palier du faux essieu ; elles maintiennent et guident le faux essieu à une distance à très-

peu près constante de l'essieu du train d'avant. Ces tiges se rattachent en *r* et *s* aux boîtes des essieux correspondants à l'aide de boutons à corps sphérique, de manière à permettre au faux essieu de se déplacer longitudinalement par rapport à l'essieu de la machine. Les tiges *F* et les supports *P* maintiennent le faux essieu horizontal même dans les courbes de la voie. Il résulte, en effet, du mode d'attelage des deux trains que, lorsque dans une courbe, une extrémité de l'essieu d'arrière de la machine se rapproche de l'extrémité correspondante de l'essieu d'avant du tender, les extrémités de ces deux essieux situées du côté opposé de la machine s'éloignent exactement de la même distance dont les premières se rapprochent ; mais comme les deux extrémités du faux essieu sont maintenues par les tiges *F* à la même distance des extrémités correspondantes de l'essieu de la machine, il en résulte que les deux extrémités du faux essieu prennent des déplacements égaux et de sens contraires, par rapport à l'essieu du tender et entraînent les supports *P* sous ce déplacement.

Ainsi au passage des courbes, les paliers supérieurs des supports *P* oscillent de quantités égales mais en sens contraires, en restant toujours tous deux dans un même plan horizontal dans lequel ils maintiennent le faux essieu.

Le support vertical *P* est guidé par la coulisse *r* fixée au châssis *e* du tender, et dont la section horizontale est un arc de cercle.

Lors des oscillations du support *P*, l'axe *qp* (fig. 3) de ce support décrit une surface conique, dont le sommet est en *q* et dont l'axe est en *qr'*.

La coulisse *r* qui guide ces oscillations devrait donc

présenter une surface parallèle à ce cône, surface qui, sur la faible étendue de la coulisse, se confond avec une surface cylindrique à section horizontale circulaire dont le centre est *u''*. Ce centre se trouve à l'intersection de l'axe *qu* avec le plan horizontal passant par *r*.

La bielle oblique *K* relie l'essieu moteur *B* du train d'avant avec le faux essieu ; elle saisit le bouton sphérique de l'essieu moteur à l'extérieur de la bielle motrice *C* et de la bielle d'accouplement *i* des roues. La bielle *L* accouple le faux essieu et l'essieu *A* du tender ; elle est verticale, tant que la voie est rectiligne. Les boutons des manivelles sont sphériques pour se prêter aux inclinaisons diverses des essieux.

Dans sa notice, la Société autrichienne a publié plusieurs tableaux intéressants à consulter et desquels il résulte que les frais d'entretien de la machine « Steierdorf » sont les mêmes que ceux des machines ordinaires, sauf en ce qui concerne les frais d'entretien des roues et des coussinets des bielles. — Les coussinets, après une certaine usure, ont été recouverts de métal blanc.

Au lieu de chasse-neiges ordinaires, la Société autrichienne a imaginé un appareil enlevant les couches de neige moindres de 20 centimètres. Cet appareil est un soc de charrue appliqué devant les cylindres à vapeur et incliné de 45° sur l'axe de la voie ; il écarte la neige sur une longueur suffisante pour le libre passage des cylindres et des boîtes à tiroirs placés très-bas, et il débarrasse la voie d'obstacles accidentels. Lorsque l'épaisseur de la couche de neige atteint de 20 à 40 centimètres, on ajoute au soc de charrue un bec portatif, de manière à constituer un *cow-catcher* américain. Au moyen de cet appareil, la « Steierdorf » a pu remorquer le poids normal de

110 tonnes, malgré une épaisseur de neige de 40 centimètres.

Deux autres machines « *Krassova* et *Gerliste* » ont été construites d'après la Steierdorf. Le système d'accouplement est le même (planche 16), sauf que les tiges qui relient d'une part l'essieu moteur et le faux essieu, et, d'autre part, le faux essieu et le premier essieu du tender, ont été placées à l'extérieur des boîtes à graisse. Cette disposition, qui est représentée à la planche 16, a permis de placer les longerons des deux châssis dans un même plan vertical.

Voici les conditions d'établissement de la machine Steierdorf et la base qui a servi à les déterminer.

La machine doit exercer un effort de traction $Z = 5,000$ kilog., pour remorquer sur rampe de 20 millimètres, en parcourant des courbes de 114 mètres de rayon, un train composé de 25 wagons vides à charbon. Sur la section difficile du trajet, la vitesse peut être très-modérée et limitée à 12 kilomètres à l'heure ou 3^m33 par seconde. La force correspondante N exprimée en chevaux vapeur de 75 kilogrammètres est :

$$N = \frac{5,000 \times 3.3}{75} = 220 \text{ chevaux.}$$

Avec une surface de chauffe pleinement suffisante de 0.5 à 0.6 mètres carrés par cheval, il suffisait d'avoir une surface totale de chauffe $S = 123$ mètres carrés.

p étant la pression utile de la vapeur par mètre carré de surface de piston, T la tension de la vapeur dans la chaudière,

$$\text{l'on a } p = KT.$$

Pour une admission de vapeur de 65 à 70 p. c. de la

course, et en tenant compte de tous les frottements du mécanisme, l'on peut admettre

$$K = 0.46$$

et comme $T = 80{,}000$ kilog. par mètre carré,

$$\text{l'on a } p = 0.46 \times 80{,}000 = 36{,}800 \text{ kilog.}$$

Les roues motrices ont un diamètre $D = 1.^{m}00$, la course du piston est $l = 0.^{m}632$.

Le diamètre du cylindre à vapeur se calcule dès lors par la formule $2\,p\,\frac{d^2\pi}{4} \times 2\,l = \pi\,DZ;$

d'où l'on tire $d = 0.^{m}463$.

	Dimensions et quantités.
Grille.	
Longueur	1,471
Largeur en avant.	0,891
— en arrière	1,010
Surface en mètres carrés	1,40
Boîte à feu.	
Longueur intérieure en bas.	1,471
— — en haut.	1,407
Largeur intérieure en bas, en avant . .	0,891
— — en bas, en arrière. .	1,010
— — en haut.	1,128
Hauteur — en avant.	1,341
— — en arrière	1,209
— de la porte du foyer au-dessus du bord inférieur de la boîte à feu.	0,461
Épaisseur de la plaque tubulaire, en haut .	0,026
— de la plaque tubulaire, en bas. .	0,015

Épaisseur du reste de la tôle en cuivre rouge.	0,015
Diamètre des rivets en cuivre rouge. .	0,026
Distance des rivets d'axe en axe. . .	0,105

Chaudière (Partie cylindrique)

Longueur entre les plaques tubulaires. .	4,320
Plus grand diamètre extérieur . . .	1,238
Plus petit diamètre intérieur. . . .	1,185
Épaisseur des tôles de la chaudière . .	0,013
Diamètre des rivets	0,020
Distance des rivets d'axe en axe. . .	0,046
Nombre de tubes.	158
Longueur intérieure des tubes . . .	4,425
Diamètre extérieur	0,053
Épaisseur des tubes	0,002
Distance d'axe en axe des tubes . . .	0,069
Nombre des soupapes de sûreté . . .	2
Diamètre des soupapes de sûreté. . .	0,111

Surface de chauffe.

Surface de chauffe des tubes .	mèt. carr.	115,69
— — de la boîte à feu.	—	7,22
Surface de chauffe totale . .	—	122,91

Cheminée.

Diamètre intérieur	0,421
Hauteur de la cheminée au-dessus des rails.	4,478

Tuyau d'échappement.

Section de la plus grande ouverture en centimètres carrés.	166,50

Section de la plus petite ouverture en centimètres carrés.	31,22

Appareil d'alimentation.

Injecteurs Giffard Nr. 9.	2

Régulateur.

Section de l'ouverture en centimètres carrés.	52,03

Cylindres à vapeur.

Diamètre intérieur	0,461
Course du piston.	0,632

Orifices pour la vapeur sur le cylindre.

Longueur d'un orifice.	0,316
Largeur d'un orifice d'entrée. . . .	0,039
- de l'orifice d'échappement. . .	0,079

Tiroir et distribution.

Longueur extérieure du tiroir. . . .	0,276
- intérieure -	0,130
Largeur extérieure -	0,395
- intérieure -	0,316
Surface du tiroir en centimètres carrés. .	1,090
Recouvrement en dehors	0,028
- en dedans	0,005
Avance du tiroir.	0,003
Plus grande ouverture à l'introduction. .	0,026
- - - à l'échappement. .	0,039
Durée de l'admission en fonction de la course.	0,66
Plus grande course du tiroir. . . .	0,110
Course de l'excentrique.	0,158

Angle d'avance, en avant en degrés. . .	15°
» » en arrière »	15°
Longueur des bielles d'excentrique. . .	1,396
Rayon moyen de la coulisse. . . .	1,080
Longueur de la coulisse.	0,408

Bielles motrices et d'accouplement (dans chaque train).

Longueur des bielles motrices . . .	1,949
Longueur des bielles d'accouplement entre l'essieu 1 et l'articulation qui précède l'essieu 2.	0,961
Longueur des bielles d'accouplement entre l'essieu 2 et l'essieu 3.	1,106
Longueur des bielles d'accouplement entre l'essieu 4 et l'essieu 5	2,213

Accouplement entre les deux trains.

Longueur du faux essieu de milieu en milieu des coussinets sphériques.	1,804
Longueur totale du faux essieu . . .	2,298
Diamètre du faux essieu.	0,132
Longueur du support oscillant du faux essieu, du centre du faux essieu au centre de l'essieu 4.	0,632
Plus grande section de ce support en centimètres carrés.	104,009
Longueur entre les articulations des tiges de guidage allant de l'essieu moteur au faux essieu	1,053
Plus grande section des tiges de guidage en centimètres carrés.	34,69
Longueur de la bielle d'accouplement inclinée entre l'essieu moteur et le faux essieu d'axe en axe	1,580

Plus grande section de cette bielle en centimètres carrés.	36,43
Longueur de la bielle d'accouplement verticale entre le faux essieu et l'essieu 4 d'axe en axe.	0,632
Plus grande section de cette bielle en centimètres carrés.	31,23

Frein à vapeur.

Diamètre d'un cylindre à vapeur du frein .	0,197
Plus grande course du piston. . . .	0,250
Longueur du balancier du piston. . .	0,395
— du levier de côté de la tige de pression.	0,500
Longueur du levier du côté du sabot du frein.	0,263
Rapport des leviers	1,900

Roues.

Nombre de roues.	10
Diamètre des roues	1,000
Largeur des bandages.	0,140
Conicité des bandages.	$^1/_{10}$
Écartement des essieux parallèles extrêmes du train de la machine	2,212
Écartement des essieux du train du tender .	2,212
— des essieux du fourgon. . .	2,212
— total des essieux extrêmes de la machine et du tender.	5,874
Écartement des essieux extrêmes de la machine et du fourgon.	10,616
Écartement entre l'essieu moteur et l'essieu d'avant du tender	1,454

Écartement entre l'essieu d'arrière du tender et l'essieu d'avant du fourgon.	2,528

Tender et fourgon.

Capacité de l'emplacement pour le combustible en mètres cubes	1,896
Capacité des caisses à eau en mètres cubes .	5,4
— pour les bagages en mètres cubes .	16,1
Largeur de l'espace destiné aux bagages. .	2,317
Longueur de — — — — .	3,685
Hauteur de — — — — .	1,896
Longueur du coupé pour le conducteur . .	1,053
— du plateau du frein. . . .	0,474

Tampons.

Hauteur des tampons au-dessus des rails. .	1,080
Distance de centre en centre des tampons .	1,751

Longueur et largeur maxima de la machine.

Longueur entre les points extrêmes des tampons d'avant de la machine et d'arrière du fourgon.	14,461
Largeur maxima de la machine mesurée à l'endroit des cylindres	2,963

La conception de la Société autrichienne peut être considérée comme apportant une amélioration véritable à l'exploitation des lignes qui présentent des courbes de 100 mètres de rayon et des rampes de 30 millimètres en ligne droite ou de 25 millimètres en courbe, surtout si l'on tient compte de la faible vitesse à laquelle on roule sur de semblables lignes, et de la circonstance

que les frais d'entretien de la voie et du matériel roulant sont en partie rachetés par le raccourcissement du trajet.

Donnons les dessins de deux machines projetées en vue d'éviter le poids mort. D'après la Société autrichienne, une machine (fig. 1, pl. 17) à deux trains de deux essieux chacun et à roues toutes couplées, présentant un poids adhérent de 50,000 kilog., pourrait remorquer des trains de 100 à 150 tonnes, dans des courbes de 100 mètres de rayon et sur des rampes de 30 millimètres. Une machine (fig. 2, pl. 17) à deux trains mobiles et à trois essieux parallèles, dont les deux extrêmes auraient un écartement de 2^{m},50 à 2^{m},70 d'axe en axe, présenterait l'adhérence nécessaire avec une charge relativement faible sur chaque essieu.

ANGLETERRE.

XI

Les deux locomotives anglaises auxquelles le jury a décerné la médaille d'or maintiennent la bonne réputation du pays qui les a produites. Belle exécution, ajustement soigné, simplicité des organes servant à la transmission du mouvement : telles sont les qualités qui font remarquer les machines de MM. Stéphenson et Kitson.

Examinons d'abord la locomotive de *M. Stéphenson, de Newcastle*, laquelle est représentée en élévation à la planche 18, fig. 1.

N° 2002. — Au point de vue du fini du travail et de la simplicité des organes, la machine de Stéphenson est une des meilleures de l'Exposition. Elle est destinée à rouler sur les chemins de fer du gouvernement égyptien, où elle doit remorquer, à grande vitesse, des trains de voyageurs. Elle est portée par six roues : deux petites à l'avant, deux petites à l'arrière, et, au milieu, deux grandes roues motrices, qui reçoivent le mouvement de deux cylindres intérieurs, placés dans le fond de la boite à fumée.

Les roues motrices sont isolées : elles portent quatre boites à graisse en bronze et quatre ressorts de suspension. L'essieu moteur a des longerons intérieurs et exté-

rieurs, tandis que les deux autres essieux n'ont que des supports extérieurs. Les longerons, découpés dans des feuilles de tôle, sont reliés par des entretoises. Donc, deux châssis pour éviter le longeron intérieur, tout le mécanisme étant ramassé entre les roues.

Les ressorts sont réglés par des écrous.

L'enveloppe du corps cylindrique a été enlevée en partie pour montrer la construction de la chaudière qui est très-soignée. Le générateur est construit en tôles, à arêtes épaisses, pour fonctionner sous une pression de 160 livres ou de 13 atmosphères. Afin de racheter la perte de force qui résulte du forage des trous des rivets, l'épaisseur des plaques de tôle est augmentée à la jonction transversale des bouts, lesquels sont doublement rivés au moyen de petites bandes extérieures. Les joints longitudinaux sont soudés et rivés.

La chaudière est alimentée par des pompes à long jeu auxquelles le mouvement est communiqué par les têtes des bielles.

La coulisse est celle de Stéphenson ; mais une particularité de la machine, c'est qu'elle porte un appareil spécial à renversement de marche. Cet appareil est une combinaison du levier et de la vis. La vis, dont la forme est courbée et terminée en pointe, est placée horizontalement, et son diamètre augmente vers le milieu de sa longueur; sa surface supérieure suit l'arc d'un cercle dont le centre est au point d'appui du levier. Le levier est fait de la manière habituelle ; mais le crochet ou détente, au lieu de tomber dans les crans du secteur ordinaire, entre dans les pas de la vis; de cette façon, lorsque le crochet est abaissé et engagé dans les filets de la vis, on peut, en tournant celle-ci, renverser

la marche; et lorsque le crochet est levé, le renversement peut être fait de la manière généralement usitée.

La machine porte un abri pour les conducteurs du train. Sa surface de chauffe totale est de 96 mètres carrés 64. Son poids, à vide, est de 27 tonnes, et, en ordre de marche, de 30 tonnes, dont la répartition a lieu de la manière suivante :

13 ½ tonnes sur les roues motrices.
9 ½ - - d'avant.
7 ½ - - d'arrière.

Nous indiquons ci-après les dimensions principales de la machine de Stéphenson :

Longueur de la grille	1^{m},22
Largeur -	0^{m},91
Surface -	1^{m2},29
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.	1^{m},40
Nombre des tubes. . . .	161
Diamètre extérieur des tubes. .	0^{m},0508
Longueur des tubes	3^{m},46
Surface de chauffe du foyer . .	7^{m2},64
» » des tubes . .	89^{m2},00
Timbre de la chaudière . . .	13 atmosphères.
Diamètre des cylindres . . .	0^{m},406
Course -	0^{m},559
Distance entre les centres des cylindres	0^{m},763
Diamètre des roues de devant .	1^{m},145
- - motrices. .	1^{m},984
- - d'arrière. .	1^{m},145

Distance entre les roues motrices et les roues d'avant	2^m,39
Distance entre les roues motrices et les roues d'arrière. . . .	2^m,39
Distance entre les roues extrêmes.	4^m,78
Poids d'adhérence. . . .	13 ½ tonnes.

XII

N° 1423. — La locomotive *de M. Kitson, de Leeds*, destinée à un service mixte, est remarquable par la perfection du travail, par ses bonnes proportions et la simplicité de son mécanisme. Elle est réellement la manifestation pratique des tendances actuelles des ingénieurs anglais.

La machine Kitson, représentée à la planche 18 (fig. 2), est à six roues, dont les quatre d'arrière sont couplées. Les cylindres et le mouvement de distribution sont intérieurs. Les glissières sont doubles.

L'appareil à changement de marche est mis en mouvement au moyen d'une vis en acier à double pas, au lieu du levier à main ordinaire, sur secteur à crans.

Le foyer disposé pour brûler de la houille, est un peu incliné; proportionnellement aux tubes, sa surface est plus grande que s'il était disposé en vue de consommer du coke. Afin de permettre le mélange des gaz et de l'air introduit par la porte de chargement, le foyer est pourvu d'une voûte inclinée en briques, d'une plaque-

déflecteur qui amène l'air jusqu'au milieu et d'une porte à coulisses et leviers conjugés. Il y a en outre le jet ordinaire de vapeur. Cet appareil est considéré en Angleterre comme le plus simple des fumivores et en même temps comme celui qui donne les meilleurs résultats.

Un espace de 20 millimètres entre les tubes, qui sont en laiton, assure une bonne circulation de l'eau et une libre production de vapeur.

Le corps cylindrique de la chaudière est à viroles jointées, avec couvre-joints à bandes extérieures. Les bandes circulaires sont soudées et embattues. Leur rivetage est double pour les bandes longitudinales. Les plaques du corps cylindrique ont 11 millimètres d'épaisseur. La jonction entre le corps cylindrique et les boîtes à feu et à fumée, est formée au moyen d'une forte bague en fer, tournée et alésée. Les trous des rivets sont percés à la machine, après assemblage.

La chaudière porte, vers le milieu de sa longueur, un dôme dont le couvercle est en fonte et où se fait la prise de vapeur. Le régulateur est dit à coulisse et à équilibre. Le trou d'homme, placé au-dessus du foyer, porte deux soupapes de sûreté du système Naylor : la pression du ressort s'exerce au moyen d'un levier à sonnette permettant aux soupapes de s'ouvrir librement, sans produire une pression trop forte sur les ressorts. Le but de ce système est d'empêcher la pression dans la chaudière de dépasser une limite fixée à l'avance. Les sifflets, robinets à vapeur de l'injecteur, etc., font tous partie d'une même pièce de fonte fixée au sommet de l'enveloppe de la boîte à feu. L'appareil qui réunit tout le mécanisme sur une seule pièce ne manque pas d'élé-

gance, et il a le mérite de mettre le mécanicien à l'abri de toute tentative imprudente.

La chaudière est alimentée par deux petits giffards placés sur la plate-forme.

Un arète-étincelles, consistant en une cage conique en fils de fer, est fixée dans la boite à fumée.

La chaudière est, en outre, pourvue de l'appareil Backer, dont nous avons parlé dans notre exposé général.

L'anti-incrustateur magnétique a pour effet de prévenir toute incrustation autour des surfaces chauffées. Il consiste en une simple étoile, fixée, au moyen d'un isolateur, à l'endroit le plus élevé possible du dôme, afin de la mettre en contact avec la vapeur sèche. L'étoile est reliée, à un autre endroit extrême de la chaudière, par un fil qui établit le courant désincrustateur : tous les sédiments sont maintenus à l'état libre et ils se déposent à la partie inférieure du générateur, d'où ils sont aisément extraits par la pression de la vapeur. — Les ingénieurs anglais affirment que ce petit appareil produit des effets extraordinaires. Il va être appliqué en Belgique.

Les châssis de la machine sont doubles. Le châssis intérieur, dont l'épaisseur est de 25 millimètres, supporte les accessoires des roues motrices et des roues de derrière, ainsi que les principales pièces du mécanisme. Le châssis extérieur, dont l'épaisseur est de 12 millimètres, supporte les accessoires des roues de devant; il est relié au châssis intérieur, au moyen d'entretoises à cornières. En vue de leur consolidation, les deux châssis sont assemblés avec la plaque des tampons, qui a 30 millimètres d'épaisseur. La machine possède ainsi

la rigidité nécessaire, et elle est à l'abri des détériorations que les secousses en marche ne manquent pas de produire.

L'arrangement du châssis extérieur et de ses accessoires a pour but de placer les petites roues aussi en avant que possible, et de réduire à son minimum la charge qui pèse sur elles ; de permettre aux cylindres de se maintenir dans leur position horizontale ; et enfin d'aider à une disposition aisément accessible des ressorts et de leurs accessoires.

Les châssis sont dressés sur toutes leurs faces, ce qui permet de fixer avec précision les pièces du mécanisme, qui sont elles-mêmes bien dressées.

La plate-forme en fonte, à l'arrière de la boîte à feu, a été disposée de manière à permettre une égale répartition de la charge sur les roues motrices et les roues d'arrière, soit 9,670 kilog. sur chaque paire de roues.

Les fusées de l'essieu de devant ont un diamètre de 150 millimètres et une longueur de 230 millimètres. Cette grande portée en augmente la durée et est en même temps une précaution contre leur échauffement. Pour faciliter le passage des courbes, les roues de devant ont un jeu de 25 millimètres, et le mouvement latéral est obtenu en donnant aux fusées et à la partie supérieure des boîtes à graisse, une double pente, d'après le système Cortazzis. Les boîtes à graisse ont un couvercle de fer, maintenu latéralement par les guides, qui permet, au passage des courbes, de répartir la charge sur les fusées d'une manière uniforme et permanente, et qui ensuite aide les roues à reprendre leur position normale. Cette disposition, qui a été adoptée, avec succès, dit-on, sur les lignes des grands chemins de fer de la Péninsule indienne,

offre l'avantage de détruire les chocs et de protéger, contre l'usure, les boudins des roues de devant, tout en augmentant la stabilité et la sûreté de la machine pendant la marche.

Chaque paire de guides des boîtes à graisse des roues motrices et des roues de derrière est fondue d'une seule pièce ; les surfaces de frottement sont larges et l'ajustement aux châssis est très-solide. Le dressage des châssis permet, dans ce cas, d'obtenir une perfection de montage toute particulière.

Les coussinets, de même que la plupart des surfaces frottantes, sont garnis de métal de Bablets. Les coussinets, quand ils sont usés, peuvent ainsi être très-promptement remplacés.

Les ressorts de devant sont placés au-dessus de leurs points d'appui : munis d'écrous d'ajustement, ils sont fixés pour fonctionner librement. Leur corde est de 915 millimètres, et leur élasticité par tonne, de 6 millimètres.

Les ressorts des roues motrices et des roues de derrière sont placés au-dessous de leurs points d'appui : portée, 1,065 millimètres; élasticité par tonne, 9 millimètres.

Les essieux sont en fer à fins grains de Yorkshire. Les bandages sont en acier fondu au creuset ; ils sont fixés au moyen de vis intérieures et retenus par une nervure à queue d'aronde.

Les tiges des pistons sont en acier. Les têtes des tiges sont en fonte trempée, et les glissières en fer cémenté. Les bielles d'accouplement sont en acier fondu.

Les poulies d'excentriques sont en fer cémenté; leurs parties frottantes, en métal blanc.

Le recouvrement du tiroir est de 25 m/m.
L'avance » » 3 m/m.
L'ouverture d'introduction de 330 m/m × 32 m/m.
L'ouverture d'échappement de 330 m/m × 75 m/m.

Les boîtes à sable fonctionnent simultanément de chaque côté, au moyen d'une pédale mise en mouvement par le pied du mécanicien.

Une grande toiture abrite complétement les conducteurs du train. Elle est construite de manière à ce qu'ils puissent voir à l'extérieur dans toutes les directions. La ventilation est obtenue à volonté, par des coulisseaux à jour ménagés à la partie supérieure.

Les dimensions de la locomotive de M. Kitson sont les suivantes :

Diamètre des cylindres. . .	0m,406
Course »	0m,558
Nombre des tubes. . . .	140
Diamètre des tubes (extérieur). .	0m,050
Largeur entre les plaques des tubes.	3m,290
Surface de chauffe des tubes. .	73mq,48
» de la boîte à feu. . .	7mq,62
» totale.	81mq,10
» de la grille. . . .	1mq,35
Diamètre des roues couplées. .	1m,676
» des roues de devant. .	1m,219

Le poids total, à vide, est de 25,500 kilog :

Roues d'arrière.	8,460 kilog.
» motrices.	8,460 »
» d'avant	8,580 »

Le poids total, en ordre de marche, est de 28,500 kilog :

Roues d'arrière.	9,670	kilog.
» motrices.	9,670	»
» d'avant	9,160	»
Poids d'adhésion des roues accouplées :	19,340	kilog.

FRANCE.

XIII

La section française est la plus importante de l'Exposition. Elle est aussi, sans contredit, une des plus curieuses et des plus utiles à étudier par l'intérêt très-grand qui s'attache à la locomotive à douze roues couplées des chemins de fer du Nord, aux machines à dix roues couplées des chemins de fer d'Orléans et à tender-moteur des chemins de fer de l'Est, ainsi qu'aux projets si nombreux et si variés qu'elle contient.

L'enceinte du Palais renferme toutes les locomotives françaises, à l'exception de celles du Creusot qui sont contenues dans l'annexe construite par MM. Schneider et C[e] et qui feront l'objet de nos premières études.

Les établissements du Creusot (*MM. Schneider et C[e]*) ont exposé trois locomotives, dont le travail est d'une rare perfection. Les soins apportés à l'exécution des détails prouvent les progrès considérables réalisés par les constructeurs français depuis l'exposition de Londres de 1862.

La première machine que nous décrirons est la locomotive-tender, la 16[e] du type créé par le Creusot, pour le service de ses usines.

Il existe deux modèles de ce type : le modèle exposé, spécialement approprié à la traction des trains de marchandises, et un autre, plus léger, destiné au service des gares et des embranchements. L'un et l'autre fonctionnent au Creusot pour le service intérieur des usines, pour les trains de minerais et de houille et enfin pour le service des trains de voyageurs, sur l'embranchement de Montchanin au Creusot. Divers chemins de fer, entre autres le Nord de l'Espagne, les ont également adoptés, ainsi que plusieurs exploitations particulières.

N° 1,080. — La machine est à six roues couplées; ses cylindres sont extérieurs et horizontaux. Mécanismes de distribution et de transmission extérieurs. — Châssis et boîtes à graisse intérieurs. — Ressorts réglés par des tendeurs.

La chaudière est alimentée par deux giffards placés obliquement des deux côtés du dôme du foyer. Ce dôme porte deux soupapes-balances.

Les crans de l'appareil à changement de marche sont très-rapprochés. Le levier des purgeurs est disposé horizontalement au-dessus de la chaudière, près du foyer. — L'échappement est fixe.

On s'est appliqué à tout ce qui peut faciliter l'entretien et le service de la machine dont

La planche	19	donne	l'élévation.
»	20	»	le plan.
»	21 fig. 1	»	une coupe suivant A B.
»	21 fig. 2	»	» » C D.

Les mécanismes de transmission et de distribution, grâce à leur simplicité et à leur disposition, sont d'une surveillance facile et d'un entretien peu coû-

teux. Toutes les articulations peuvent être graissées de l'extérieur avec facilité; toutes sont cémentées et trempées, ainsi que les autres surfaces frottantes.

La surface de chauffe totale est de 119 mètres carrés 09; elle est assez grande pour fournir la quantité de vapeur suffisante à une marche continue, quel que soit le cran de l'admission aux cylindres.

La capacité des soutes à eau est de $4^{m^3}400$ et correspond à un parcours de 30 kilomètres ; celle des soutes à charbon correspond à un parcours de 150 kilomètres. Les caisses à eau sont disposées sur les deux côtés latéraux de la chaudière; les caisses à charbon, à l'arrière.

Le poids total de la machine à vide est de 29,000 kilog., répartis comme suit :

Roues d'avant	9,600	kilog.
» du milieu	9,600	»
» d'arrière	9,800	»

Le poids total de la machine chargée est de 38,200 kilog., dont la répartition est faite de la manière suivante :

Roues d'avant	12,650	kilog.
» du milieu	12,700	»
» d'arrière	12,850	»

Une particularité de la machine-tender du Creusot, c'est que la coulisse de distribution attaque directement le tiroir, sans intermédiaire de levier ou bielle de transmission. Cette réduction du nombre des articulations est très-favorable au maintien d'un bon règlement des tiroirs.

La distribution est la même pour la marche en avant

que pour la marche en arrière. Le service se fait indifféremment dans les deux sens, les attelages sont les mêmes, et on affirme que la différence de production de vapeur n'est pas sensible. Aucune pièce sur la chaudière ne pouvant gêner la vue du mécanicien, il peut accoster un train aussi facilement de l'avant de sa machine que de l'arrière. Tous les leviers de manœuvre sont disposés sous sa main, ainsi que la manivelle d'un frein énergique à quatre sabots, permettant d'enrayer les six roues en un temps très-court.

Le volume des cylindres a été déterminé en comptant, pour l'adhérence, seulement $^1/_7$ du poids de la machine, au moment où les approvisionnements d'eau et de combustible touchent à leur fin.

Un avantage sérieux de cette machine, au point de vue des transports dans certaines contrées, c'est qu'elle peut se démonter facilement en groupes rigides susceptibles d'être transportés isolément. La chaudière, le châssis avec les cylindres et l'attelage, les caisses à eau et à charbon, ainsi que la balustrade, peuvent être démontés ou remontés en deux ou trois jours, suivant les engins dont on dispose.

La machine ne porte pas d'abri pour le mécanicien.

Voici les dimensions complètes de la locomotive-tender du Creusot :

APPAREIL DE VAPORISATION.

Boîte à feu : Longueur de la grille. . .	1^m,278
Largeur de la grille.	0^m,988
Surface "	1^{m2},26
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.	1^m,580

Longueur extérieure de la boîte à feu. .	1m,450
Largeur " .	1m,160
Corps cylindrique : Diamètre du corps cylindrique (intérieur grande virole) . .	1m,280
Longueur du corps cylindrique (intérieur grande virole)	4m,173
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière.	1m,840
Surface de chauffe : Nombre de tubes . . .	181
Longueur des tubes entre les plaques tubulaires.	4m,250
Diamètre intérieur des tubes. . .	0m,046
Surface des tubes	111m²,15
Surface du foyer	7m²,94
Capacité : Eau dans la chaudière 120 m/m au-dessus du foyer.	3m³,300
Vapeur.	1m³,300
Capacité totale.	4m³,600
Numéro du timbre de la chaudière. .	9 at.
Cheminée : Diamètre de la cheminée. . .	0m,435
Hauteur du dessus de la boîte à fumée .	1m,907
" du rail. . . .	4m,400
Alimentation : Deux giffards de. . . .	0m,010

DISTRIBUTION DE VAPEUR.

Section d'ouverture maxima du régulateur .	0m²,0133
Prise de vapeur : Diamètre intérieur du tuyau de prise de vapeur.	0m,140
Section intérieure du tuyau de prise de vapeur.	0m²,0153
Diamètre des conduites allant à chaque cylindre	0m,110

Section des conduites allant à chaque cylindre	$0^{m^2},0095$
Échappement de vapeur : Section du tuyau d'échappement	$0^{m^2},0146$
Section de l'ouverture des valves (minima).	$0^{m^2},0040$
Mécanisme de distribution : D'axe en axe des tiges des tiroirs.	$2^{m},100$
D'axe en axe des coulisses de distribution	$2^{m},400$
Angle d'avance.	30°
Avance linéaire à l'introduction (minima).	$0^{m},00175$
Avance linéaire à l'introduction (maxima).	$0^{m},006$
Recouvrement intérieur de chaque côté.	$0^{m},002$
Recouvrement extérieur de chaque côté	$0^{m},027$
Maxima d'introduction en centièmes de course.	78
Minima d'introduction en centièmes de course.	12
Rayon d'excentricité	$0^{m},058$
Course des tiroirs.	$0^{m},112$
Lumière d'admission. Longueur . .	$0^{m},040$
» Largeur. . .	$0^{m},320$
» Section. . .	$0^{m^2},0128$
Lumière d'émission. Longueur. . .	$0^{m},070$
» Largeur. . .	$0^{m},320$
» Section. . .	$0^{m^2},0224$
Tiroir. Longueur.	$0^{m},254$
» Largeur	$0^{m},390$
» Surface.	$0^{m^2},0990$

Mécanisme de transmission : D'axe en axe des cylindres . . . . 2^{m},000
Diamètre des cylindres. . . . . 0^{m},440
Course des pistons. . . . . . 0^{m},600
Longueur de la bielle motrice. . . 1^{m},650
Diamètre du tourillon du bouton moteur de manivelle. . . . . . 0^{m},110
Largeur du tourillon du bouton moteur de manivelle. . . . . . 0^{m},120
D'axe en axe des bielles d'accouplement d'AV. . . . . 1^{m}.730
D'axe en axe des bielles d'accouplement d'AR. . . . . 1^{m},776
Diamètre des boutons de manivelle AV et AR. . . . . 0^{m},080
Largeur des boutons de manivelle AV et AR. . . . . 0^{m},080
Diamètre des tourillons d'accouplement des manivelles motrices. . . . 0^{m},120
Largeur des tourillons d'accouplement des manivelles motrices. . . . 0^{m};090
Diamètre de calage des boutons moteurs. 0^{m},120
» » AV et AR. 0^{m},090

CHASSIS ET ROUES.

Châssis : Écartement extérieur des longerons. 1^{m},270
Hauteur des longerons . . . . 0^{m},310
Épaisseur » . . . . . 0^{m},026
Roues : Diamètre des six roues au contact. . 1^{m},200
Écartement extérieur des essieux . . 3^{m},500
Écartement de l'essieu du milieu à celui d'AV. . . . . 1^{m},900

	Écartement intérieur des bandages moteurs.	1^{m},360
	Écartement intérieur des bandages d'AV et d'AR.	1^{m},356
	Diamètre au milieu de l'essieu moteur .	0^{m},170
	» des essieux d'AV et d'AR.	0^{m},160
	Diamètre des fusées.	0^{m},180
Essieux :	Longueur des fusées. . . .	0^{m},220
	Diamètre de calage des roues AV milieu et AR.	0^{m},190
	Longueur de calage des roues motrices .	0^{m},170
	» » » d'AV et d'AR.	0^{m},160
Ressorts :	D'axe en axe des tiges de suspension	0^{m},900
	Largeur des lames.	0^{m},090
	Épaisseur »	0^{m},012
	Nombre »	13

CAISSES D'APPROVISIONNEMENT.

Caisses à eau :	Largeur des caisses (intérieur).	4^{m},240
	Hauteur des caisses (intérieur). . .	1^{m},040
	Longueur moyenne » . .	0^{m},510
Caisses à charbon :	Longueur des caisses. .	1^{m},100
	Hauteur des caisses.	1^{m},120
	Largeur »	0^{m},530

XIV

Une deuxième locomotive exposée par le Creusot est une machine-express, construite sur des plans anglais, et destinée au service des trains à grande vitesse du Great-Eastern railway. Elle appartient à un type assez généralement usité en Angleterre pour ce genre de service, où l'on demande à la fois des vitesses considérables et une grande puissance de traction.

La machine (planches 22, 23 et 24) est à six roues, dont deux grandes roues motrices placées au milieu. Les cylindres sont extérieurs aux roues et inclinés. Tiroirs intérieurs. Le mécanisme de transmission est extérieur entre les longerons; celui de distribution est intérieur. Doubles longerons découpés entre lesquels sont logées les roues motrices et de support. Boîtes à graisse de l'essieu d'arrière extérieures.

La chaudière est alimentée par deux giffards placés des deux côtés sur le marche-pied.

Le levier ordinaire de changement de marche est remplacé par une vis horizontale, disposition qui tend aujourd'hui à se généraliser et qui permet de faire varier la détente par degrés pour ainsi dire insensibles et de renverser la marche rapidement, sans effort et sans avoir à toucher au régulateur.

La surface de chauffe totale est de $104^{m^2}50$. En ordre de marche, la machine pèse 32,500 kilog., répartis comme suit :

Roues d'avant	10,100	kilog.
» motrices	11,400	»
» d'arrière	11,000	»

Le poids de 29 ½ tonnes de la machine vide est distribué de la manière suivante :

Roues d'avant	9,500	kilog.
» motrices	10,000	»
» d'arrière	10,000	»

La répartition de la charge et l'empâtement assurent à cette machine une bonne stabilité et une sécurité bien nécessaires pour marcher journellement à des vitesses dépassant 90 kilomètres à l'heure, en remorquant des trains de 17 wagons de voyageurs.

Cette sécurité résulte surtout des supports. Le centre de gravité tombe légèrement en avant de l'essieu moteur, et l'essieu d'avant est à l'abri de toute chance de rupture, par suite de l'emploi de quatre boîtes à graisse qui empêchent entièrement toute fatigue du corps de l'essieu. L'essieu moteur est porté par le longeron intérieur; l'essieu d'avant à la fois par les deux longerons et l'essieu d'arrière par le longeron extérieur, de façon à mettre la boîte à graisse et les fusées à l'abri du rayonnement de la grille. Il y a lieu de remarquer, en effet, que le dernier essieu est placé sous la partie arrière du foyer, ce qui est encore un bon élément de stabilité, et évite le porte à faux de cette partie de la chaudière, à laquelle on a pu ainsi donner les plus larges dimensions.

La grille présente des dispositions particulières prises en vue de la combustion des charbons gras. Sa surface

est bombée latéralement et inclinée vers l'avant, dans le but de faciliter le chargement sur les faces latérales, et les barreaux sont, pour ainsi dire, suspendus sur des couteaux qui en permettent l'ébranlement continuel, de façon à faire tamiser les cendres et prévenir l'adhérence des machefers.

La porte du foyer est munie d'une ouverture, ainsi que d'un rabat à l'intérieur qui lance un courant d'air dans la flamme et en assure la combustion complète.

La machine-express a un abri pour le mécanicien et deux grands ouvreaux placés sur les deux faces latérales.

Le tender est porté par trois paires de roues dont les ressorts sont reliés par des balanciers qui assurent une bonne répartition de la charge. En marche, il pèse 24 tonnes. La caisse à eau peut contenir 8 1/2 tonnes d'eau et est logée en partie entre les longerons; sa face supérieure sert de plancher pour déposer le combustible.

Nous indiquons ci-après les dimensions complètes de la locomotive-express :

APPAREIL DE VAPORISATION.

Boite à feu : Longueur de la grille	$1^{m},382$
Largeur de la grille.	$1^{m},043$
Surface »	$1^{m2},440$
Hauteur moyenne du ciel du foyer au-dessus du cadre.	$1^{m},398$
Longueur extérieure de la boîte à feu. .	$1^{m},575$
Largeur » » . .	$1^{m},220$
De l'axe de la boite à feu au-dessus de l'axe du corps cylindrique . . .	$0^{m},076$

Corps cylindrique : Diamètre extérieur du corps cylindrique.	1^{m},220
Longueur de la face AV de la boîte à feu à la plaque à tubes	3^{m},581
Du dessus du rail à l'axe du corps cylindrique	1^{m},9715
Surface de chauffe : Nombre de tubes. . .	190
Longueur des tubes entre les plaques tubulaires.	3^{m},664
Diamètre extérieur des tubes	0^{m},0476
Surface des tubes (moyenne de l'épaisseur).	97^{m^2},120
Surface du foyer	7^{m^2},380
Capacité : Eau dans la chaudière (10^{cm} sur le foyer).	3^{m^3},055
Vapeur dans la chaudière	1^{m^3},070
Capacité totale	4^{m^3},125
Pression effective dans la chaudière par centimètre carré.	9^{k} 5
Cheminée : Diamètre intérieur du bas de la cheminée	0^{m},380
Diamètre intérieur du haut de la cheminée.	0^{m}.458
Du dessus de la boîte à fumée au-dessus de la cheminée	1^{m},993
Hauteur du dessus du rail de la cheminée.	3^{m},9645
Diamètre de la boîte à fumée	1^{m},410
Alimentation : Deux giffards de. . . .	0^{m},008

DISTRIBUTION DE VAPEUR.

Section d'ouverture maxima du régulateur.	0$^{m^2}$,0112
Prise de vapeur : Diamètre intérieur du tuyau de prise de vapeur	0^{m},115
Section.	0$^{m^2}$,0104
Diamètre des conduites allant à chaque cylindre	0^{m},114
Section des conduites allant à chaque cylindre	0$^{m^2}$,140
Échappement : Diamètre des tuyaux d'échappement.	0^{m},140
Section de la partie supérieure de la culotte.	0$^{m^2}$,0103
Mécanisme de distribution : D'axe en axe des tiges des tiroirs.	0^{m},850
D'axe en axe des coulisses de distribution	0^{m},850
Angle d'avance	27°
Avance linéaire à l'introduction (constante).	0^{m},0063
Recouvrement extérieur de chaque côté.	0^{m},032
Maxima d'introduction en centimètres de course	3^{m},038
Minima d'introduction en centimètres de course.	0^{m},063
Rayon d'excentricité.	0^{m},070
Course des tiroirs.	0^{m},140
Lumière d'admission. Longueur . .	0^{m},305
— Largeur. . .	0^{m},038
— Section. . .	0$^{m^2}$,0116

Lumière d'émission. Longueur.	. .	$0^m,305$
» Largeur.	. .	$0^m,076$
» Section.	. .	$0^{m2},0232$
Tiroirs. Longueur.	. . . . .	$0^m,356$
» Largeur.	. . . . .	$0^m,267$
» Surface.	. . . . .	$0^{m2},0950$

Mécanisme de transmission : D'axe en axe des cylindres . . . . $1^m,828$
Diamètre des cylindres. . . . . $0^m,4065$
Course des pistons. . . . . . $0^m,610$
Longueur de la bielle motrice. . . $1^m,889$
Diamètre milieu du corps de bielle. . $0^m,070$
» aux extrémités du corps de bielle. . . . . $0^m,082$
Diamètre du bouton moteur . . . $0^m,060$
Largeur du bouton moteur . . . $0^m,114$
Diamètre du cône de calage du bouton moteur. . . . . . . $0^m108/0^m102$
Largeur du cône de calage du bouton moteur. . . . . $0^m,165$
Inclinaison des cylindres par mètre. . $0,^m0625$

CHASSIS ET ROUES.

Châssis : Écartement intérieur des longerons intérieurs. . . . . . . $1^m,252$
Hauteur minima des longerons intérieurs. . . . . $0^m,254$
Épaisseur des longerons intérieurs. . $0^m,028$
Écartement extérieur des longerons extérieurs. . . . . $2^m,082$
Hauteur minima des longerons extérieurs. . . . . $0^m,203$

Épaisseur aux extrémités. . . . $0^m,022$
» milieu . . . . $0^m,016$
Roues : Diamètre des roues d'AV et d'AR au contact. . . . . $1^m.099$
Diamètre des roues motriees au contact. $2^m,165$
Largeur des bandages . . . . $0^m,134$
Épaisseur » . . . . . $0^m,054$
De l'essieu d'AV à l'essieu moteur . . $2^m,134$
Écartement extrême des essieux . . $4^m,572$
» intérieur des bandages. . $1^m,359$
Essieux : Diamètre au milieu de l'essieu moteur . . . . $0^m,165$
Diamètre au milieu des essieux d'AV et d'AR. . . . . $0^m,140$
D'axe en axe des fusées motrices . . $1^m,181$
Diamètre au milieu » . . $0^m,165$
Longueur des fusées. . . . . . $0^m,178$
D'axe en axe des fusées intérieures d'AV. $1^m,131$
Diamètre au milieu » . $0^m,152$
Longueur » » . $0^m,178$
D'axe en axe des fusées extérieures d'AV et d'AR . . . . $1^m,930$
Diamètre au milieu. . . . . . $0^m,102$
Longueur des fusées. . . . . . $0^m,228$
Diamètre de calage des roues motrices . $0^m,184$
» » d'AV et d'AR. $0^m,172$
Longueur de calage des roues d'AV motrices et d'AR . . . . . . $0^m,1775$
Ressort intérieur d'AV : Corde. . . . $1^m,086$
Largeur des lames . . . . $0^m,114$
Épaisseur » . . . . . . $0^m,0125$
Nombre » 14

Ressorts extérieurs d'AV : Corde.	0m,574
Largeur des lames.	0m,108
Épaisseur »	0m,0065
Nombre »	12
Ressorts du milieu : Corde.	0m,978
Largeur des lames.	0m,127
Épaisseur »	0m,0125
Nombre »	10
Ressorts d'AR : Corde	0m,892
Largeur des lames.	0m,108
Épaisseur »	0m,0095
Nombre »	12

XV

N° 1,078. La troisième locomotive exposée par le Creusot est une petite machine, fort jolie, destinée au service des mines de Blanzy. Sa largeur de voie est de 0m80; mais il est facile de faire varier l'écartement des roues dans des limites assez étendues, et la même machine a été exécutée à la voie de 0m,74 pour les mines de Sardaigne et à celle de 1m,08 pour les houillères de Douchy.

La machine a quatre roues couplées; ses cylindres sont extérieurs et horizontaux. Les mécanismes de distribution et de transmission sont extérieurs. Châssis et boîtes à graisse intérieurs. Les soutes à eau sont disposées sur les deux côtés latéraux de la chaudière.

Cette petite machine est la réduction de la machine-tender du Creusot. Le mécanisme et tous les autres organes sont les mêmes, et ce que nous avons dit de la grosse machine s'applique à son modèle réduit.

En ordre de marche, elle pèse 6,610 kilog., dont 3275 sont supportés par les roues d'avant et 3,335 par les roues d'arrière. Le poids de la machine vide est de 5,210 kilog., distribués comme suit : 2,520 kilog. sur les roues d'avant et 2,690 kilog. sur les roues d'arrière.

La surface de chauffe totale est de 16m²,500.

L'effort de traction de la machine dépasse mille kilogrammes, et elle fournit d'une manière continue le tra-

vail de quarante forts chevaux d'attelage. Grâce à la réduction de l'écartement des roues et des essieux, elle passe facilement dans de petites courbes de vingt mètres de rayon et même moins. Elle peut être employée sur des rampes extrêmement fortes; et, dans celles de 7 centimètres $\frac{1}{2}$ par mètre, elle utilise encore la moitié de son effort de traction.

Les dimensions de la petite machine du Creusot sont les suivantes :

APPAREIL DE VAPORISATION.

Boite à feu : Longueur de la grille.	$0^{m},616$
Largeur de la grille.	$0^{m},486$
Surface »	$0^{m2},300$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.	$0^{m},920$
Longueur extérieure de la boîte à feu	$0^{m},760$
Largeur »	$0^{m},630$
Corps cylindrique : Diamètre du corps cylindrique (grande virole).	$0^{m},760$
Longueur du corps cylindrique (grande virole).	$1^{m},700$
Du dessus du rail à l'axe de la chaudière.	$1^{m},150$
Surface de chauffe : Nombre de tubes.	73
Longueur des tubes entre les plaques tubulaires.	$1^{m},780$
Diamètre intérieur des tubes.	$0^{m},035$
Surface des tubes.	$14^{m2},326$
» du foyer	$2^{m2},174$
Capacités : Eau dans la chaudière (10^{cm} au-dessus du foyer)	$0^{m3},730$

Vapeur.	$0^{m3},270$
Capacité totale.	$1^{m3},000$
Numéro du timbre.	9 atm.
Cheminée : Diamètre intérieur de la cheminée.	$0^{m},205$
Hauteur au-dessus de la boîte à fumée .	$0^{m},961$
. » du rail.	$2^{m},500$
Alimentation : Un Giffard donnant à l'heure .	$0^{m3},400$
Distribution de vapeur : Section d'ouverture maxima du régulateur.	$0^{m2},0035$
Diamètre intérieur du tuyau de prise de vapeur.	$0^{m},070$
Section intérieure du tuyau de prise de vapeur.	$0^{m2},00385$
Diamètre intérieur des conduites allant à chaque cylindre.	$0^{m},050$
Section intérieure des conduites allant à chaque cylindre.	$0^{m2},00196$
Échappement : Section du tuyau d'échappement.	$0^{m2},00326$
Section de l'ouverture des valves (minima).	$0^{m2},00135$

MÉCANISME DE DISTRIBUTION.

Mécanisme de distribution : D'axe en axe des tiges de tiroirs.	$1^{m},170$
D'axe en axe des coulisses de distribution	$1^{m},360$
Angle d'avance.	30°
Avance linéaire à l'introduction (minima).	$0^{m},0005$
Av. linéaire à l'introduction (maxima) .	$0^{m},003$

Recouvrement intérieur de chaque côté.	0^{m},002
» extérieur » .	0^{m},0095
Maxima d'introduction en centième de course.	78
Minima d'introduction en centième de course.	12
Rayon d'excentricité.	0^{m},0225
Course des tiroirs.	0^{m},045
Lumière d'admission. Largeur. . .	0^{m},016
» Longueur . .	0^{m},160
» Section. . .	0^{m2},00256
Lumière d'émission. Largeur. . .	0^{m},030
» Longueur. . .	0^{m},160
» Section. . .	0^{m2},0048
Tiroir. Largeur	0^{m},111
» Longueur.	0^{m},200
» Surface	0^{m2},0222
Mouvement de transmission : D'axe en axe des cylindres	1^{m},150
Diamètre des cylindres.	0^{m},204
Course des pistons.	0^{m},360
Longueur de la bielle motrice. . .	1^{m},200
Diamètre du tourillon du bouton moteur de manivelle	0^{m},050
Largeur du tourillon du bouton moteur de manivelle	0^{m},060
D'axe en axe des bielles d'accouplement.	1^{m},004
Diamètre des tourillons des boutons de manivelle d'AV.	0^{m},044
Largeur des tourillons des boutons de manivelle d'AV.	0^{m},040

Diamètre des tourillons d'accouplement des manivelles motrices . . .	0^m,056
Largeur des tourillons d'accouplement des manivelles motrices. . . .	0^m,040
Diamètre de calage des boutons moteurs.	0^m,063
» » d'accouplement	0^m,050

CHASSIS ET ROUES.

Châssis : Écartement extérieur des longerons.	0^m,706
Hauteur des longerons	0^m,160
Épaisseur »	0^m,016
Roues : Diamètre des quatre roues au contact.	0^m,760
Écartement des essieux.	1^m,250
» intérieur des bandages. .	0^m,750
Essieux : Diamètre au milieu. . . .	0^m,086
» des fusées. . . .	0^m,090
Longueur des fusées	0^m,120
Diamètre de calage	0^m,095
Longueur de calage.	0^m,100
Ressorts de suspension : D'axe en axe des tiges de suspension d'AV	0^m,530
D'axe en axe des tiges de suspension d'AR.	0^m,530
Largeur des lames.	0^m,050
Épaisseur »	0^m,008
Nombre de »	8
Ressorts de traction : D'axe en axe des tampons.	1^m,150
Largeur des lames.	0^m,050
Épaisseur des lames.	0^m,010
Nombre de lames.	6

CAISSES D'APPROVISIONNEMENT.

Caisses à eau : Largeur des caisses (intérieurement moyenne).	$0^{m},288$
Hauteur des caisses.	$0^{m},694$
Longueur »	$1^{m},770$
Capacité des deux caisses. . . .	$0^{m3},700$
Caisses à charbon : Largeur de la caisse . .	$0^{m},305$
Hauteur de la caisse.	$0^{m},746$
Longueur »	$0^{m},700$
Capacité »	$0^{m3},160$

Ici se termine la description des trois belles locomotives exposées par le Creusot et qui lui ont valu la médaille d'or.

XVI

La Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée a exposé une locomotive mixte transformée, dans ses ateliers de Paris, en 1867, pour remorquer, sur fortes rampes, des trains de vitesse. Elle est remarquable par le fini du travail et par les particularités de détails qu'elle présente.

Le jury a décerné la médaille d'or à la Compagnie de Lyon.

La forme primitive de la machine a été modifiée, en allongeant la chaudière et en changeant le train d'arrière.

La locomotive modifiée est à six roues, dont les quatre d'avant sont couplées. Les cylindres sont intérieurs et placés sous la boîte à fumée. Les tiroirs et les mécanismes de transmission et de distribution sont aussi intérieurs. Les roues couplées ont des supports intérieurs; les roues d'arrière, des supports extérieurs. Pour faciliter le passage des courbes, le train d'arrière peut se déplacer latéralement, par un jeu laissé à ses boîtes à graisse, qui sont extérieures et du système Chappman.

Les boîtes à graisse des roues couplées sont intérieures et fixes.

L'appareil à changement de marche est à vis horizontale du système Kitson. La graduation, tant pour l'avant que pour l'arrière, est la suivante : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Les ressorts sont réglés par des écrous. L'échappement est variable. La sablière est placée au milieu du corps cylindrique.

La rampe supporte un abri pour le mécanicien, mais cet abri ne s'étend pas latéralement.

La machine a une surface de chauffe totale de 98 mètres carrés 680. En ordre de marche, elle pèse 28,625 kilog., distribués comme suit :

Essieu d'avant. .	10,900	kilog.
» du milieu. .	10,900	» .
» d'arrière. .	6,325	»

Elle pèse, à vide, 25,425 kilog.

La chaudière est alimentée par un injecteur Giffard, système Delpech. Cette disposition est caractérisée par l'emploi d'une tuyère fixe, et aussi par la réunion du cône divergent et de la cheminée, en une seule pièce mobile traversant deux presse-étoupes.

Le foyer est pourvu d'un appareil fumivore du système Thierry. Le mélange de l'air et des gaz est obtenu en projetant des jets de vapeur dans le foyer. L'appareil consiste en une barre creuse, placée au-dessus de la porte de chargement et percée d'une série de petits trous par lesquels la vapeur est projetée obliquement dans le foyer. Ce système de fumivore est appliqué à un grand nombre de machines des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, où les briquettes sont d'un emploi général.

Comme dernière particularité, la machine de Lyon possède un frein à contre-vapeur, du système appliqué aux locomotives des chemins de fer du Nord de l'Espagne.

Un des principaux inconvénients qui ont empêché jusqu'à ce jour d'employer la contre-vapeur dans des conditions régulières, c'est l'augmentation rapide de la pression résultant du refoulement dans le générateur des gaz et de l'air aspirés dans la boîte à fumée. Cet inconvénient peut être combattu en lançant un jet de vapeur dans la tuyère d'échappement. Ce jet de vapeur, formant un matelas éminemment mobile, est aspiré à la place des gaz et empêche l'entraînement, dans les cylindres et les boîtes de distribution, des poussières et escarbilles qui produiraient des effets destructeurs sur les pistons, cylindres et tiroirs.

Un autre inconvénient résulte de la grande quantité de chaleur qui se dégage aux périodes de compression et de contre-vapeur, et dont l'effet est de brûler promptement les garnitures des *stuffing-boxes* et d'échauffer fortement les cylindres, les tiroirs, ainsi que les tiges de pistons et de tiroirs. Le remède à y appliquer consiste à introduire, soit dans l'échappement avec la vapeur, soit dans la boîte à vapeur des tiroirs ou même dans les cylindres, une quantité d'eau suffisante pour amener la vapeur comprimée à l'état de saturation.

Ce problème, déjà tant travaillé, de l'emploi de la contre-vapeur a reçu une solution heureuse de la part de M. Lechatellier, directeur général des chemins de fer du Nord de l'Espagne, qui a imaginé un appareil très-apprécié par les ingénieurs français et que nous trouvons appliqué à la machine des chemins de fer de Lyon.

Un spécimen de cet appareil est exposé en face de la machine que nous décrivons. Il consiste en deux tuyaux de petit diamètre : l'un pour l'eau, l'autre pour la vapeur.

L'eau et la vapeur, venant de la chaudière, entrent dans ces tuyaux au moyen de deux tiroirs fixés près de l'appareil à renversement de marche. Ces tiroirs fonctionnent à l'aide de vis munies de poignées coudées et d'aiguilles régulatrices, de manière que le mécanicien peut admettre l'eau et la vapeur, en telle quantité qu'il le désire, dans les tuyaux qui se réunissent en un seul, à une petite distance du marche-pied. Le tuyau unique longe ensuite la chaudière à l'extérieur, passe au-dessous de la boîte à fumée et se divise de nouveau pour se rendre aux cylindres de chaque côté.

La vapeur devant être reçue en plus grande quantité, les filets de la vis pour son admission sont moitié moindres que les filets de la vis pour l'admission de l'eau.

Pour faire usage de l'appareil à contre-vapeur, le mécanicien commence à ouvrir en grand le robinet d'injection de vapeur et d'eau, dans le but de remplir de vapeur aqueuse les conduits de l'échappement. Le levier de changement de marche est ensuite amené au point mort. Puis, reprenant le levier de changement de marche, le mécanicien le place à un des crans du secteur de la marche arrière, afin de faire produire à la machine la résistance nécessaire.

M. Bourson, ingénieur attaché aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, est breveté, en Belgique, pour un appareil à contre-vapeur dont nous donnons, à la planche 26, une disposition générale, grandeur d'exécution.

Plusieurs dispositions, autres que celle décrite plus haut, pourraient être adoptées.

Une disposition consisterait à envoyer, séparément, l'eau et la vapeur, sans les mélanger. Le jet de vapeur serait injecté dans l'échappement et l'eau serait amenée

dans la boite à vapeur ou dans les cylindres. Au lieu de prendre l'eau à la chaudière, l'appareil serait disposé de manière à introduire l'eau dans les cylindres, en se servant d'un système de giffard simple, comme celui de Krauss.

Une autre disposition aurait pour objet de réunir, par un tuyau, les robinets purgeurs, de façon à mettre en communication les deux faces du piston. Sur ce tuyau, viendrait s'adapter un autre tuyau de petit diamètre qui y injecterait de la vapeur humide, dont l'effet serait d'empêcher l'échauffement des pièces. Les robinets purgeurs seraient à trois voies.

La contre-vapeur, dans les conditions où elle vient d'être employée aux chemins de fer du Nord de l'Espagne, a pour premier et principal effet d'assurer une grande sécurité à la marche de la machine : le mécanicien a sous la main un moyen simple, rapide et puissant de diminuer ou d'anéantir la vitesse d'un train. Son emploi est, en outre, la source d'économies à réaliser et qui consistent à diminuer le nombre de freins d'un train et par conséquent le personnel, ainsi que les frais d'entretien des bandages et des sabots des freins.

Voici les dimensions de la machine exposée par la Compagnie des chemins de fer de Lyon :

VAPORISATION.

Longueur de la grille	$1^{m},236$
Largeur »	$1^{m},020$
Surface »	$1^{mq},260$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille	$1^{m},300$

Volume de la boite à feu	1^{m3},638
Nombre de tubes	158
Longueur des tubes entre les plaques .	4^{m},000
Diamètre intérieur des tubes	0^{m},002
Surface de chauffe des tubes	91^{mq},280
Surface de chauffe du foyer	7^{mq},100
Diamètre moyen du corps cylindrique .	1^{m},236
Épaisseur de la tôle du corps cylindrique .	0^{m},011
Timbre de la chaudière	7^{k},5
Volume d'eau contenu dans la chaudière avec 0^{m}10 au-dessus du ciel du foyer . .	1^{m},750
Longueur intérieure de la boite à fumée .	0^{m},774
Longueur transversale de la boite à fumée.	1^{m},214
Diamètre intérieur de la cheminée . .	0^{m},420

MÉCANISME.

Diamètre des cylindres	0^{m},420
Course des pistons	0^{m},560
Nombre d'essieux	3
Nombre d'essieux accouplés	2
Écartement des voies extrêmes. . . .	4^{m},600
Diamètre des roues motrices et accouplées.	1^{m},800
Diamètre des roues de support	1^{m},100

PUISSANCE.

Puissance de traction (en prenant les 0.65 de la pression effective)	2675

TENDER.

Poids de l'eau contenue dans les caisses à eau		5,000 k.
Poids du combustible		4,000 »
Diamètre des roues		1m,10
Nombre de paires de roues		2
Écartement des essieux extrêmes		2m,500
Poids sur rails par essieu tender chargé	1er avant	9,700 k.
	2e arrière	9,690 »
Poids plein		19,390 »
Poids vide avec agrès		10,390 »

XVII

La Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, dont M. Forquenot est l'ingénieur en chef, a exposé, outre une voiture à voyageurs de première classe, deux locomotives construites dans ses ateliers, à Ivry : l'une à dix roues accouplées pour trains de marchandises, sur très-fortes rampes; l'autre, à quatre roues accouplées, pour trains de grande vitesse.

Composée d'excellents types de machines dont le travail est parfait, renfermant de nombreuses particularités de détails, l'exposition du chemin de fer d'Orléans est assurément une des meilleures du Palais du Champ de Mars.

Le jury lui a décerné la médaille d'or.

La locomotive à dix roues accouplées « *le Cantal* » est destinée à remorquer les trains de marchandises sur la ligne de Figeac à Arvant, entre Aurillac et Murat, ligne dont le profil est très-accidenté, ainsi qu'il est aisé de s'en convaincre par l'examen de la fig. 1 de la planche 27.

Dans le sens d'Aurillac à Murat, il y a une montée de 18 kilomètres en rampe de 30 millimètres, coupée par deux paliers de stations. Dans le sens de Murat à Aurillac, une rampe de 30 millimètres continue de 9 kilomètres. Les courbes de 300 mètres de rayon sont très-nombreuses.

La machine « *le Cantal* » (planche 27, fig. 2) porte

son combustible et son eau et appartient à la classe des locomotives-tender. Elle est à deux cylindres extérieurs, à mécanisme extérieur, et elle remorque, à la vitesse de 15 à 25 kilomètres, des trains de 150 tonnes de poids brut, sur des rampes de 30 millimètres. C'est là le poids maximum que la résistance des attelages du matériel français permet de remorquer, avec deux cylindres et sur de pareilles rampes.

Les roues accouplées forment deux groupes de deux essieux chacun, recevant le mouvement de l'essieu moteur dont ils sont séparés. Afin de répartir la charge portée par chacun des essieux, les ressorts de suspension d'un même groupe sont réunis au moyen de balanciers.

Une particularité importante de la machine du chemin de fer d'Orléans réside dans la disposition spéciale du longeron d'arrière qui est extérieur aux deux essieux d'arrière, tandis que le longeron des trois premières paires de roues est intérieur. C'est un châssis mixte dont les longerons sont en acier Bessemer. Par cette disposition, les boîtes à graisse sont aussi éloignées que possible de la grille et il a été permis de donner au foyer la plus grande largeur possible, en atteignant la limite de largeur fixée par la distance entre les bandages des roues.

Les deux essieux d'arrière ont des manivelles dont les têtes pénètrent dans les boîtes à graisse.

Les soutes à eau et à charbon sont disposées latéralement, des deux côtés du générateur.

La chaudière, qui est très-grande, est alimentée au moyen d'un giffard placé à droite de la machine, et d'une pompe, disposée à gauche. Elle est en acier

fondu. La surface de chauffe totale est de 210 mètres carrés.

Les soupapes de sûreté ont leurs balances à ressorts fixées sur un balancier compensateur dans le dôme au-dessus du foyer, de manière à leur permettre de s'ouvrir simultanément.

Un frein agit sur les deux roues d'arrière.

L'échappement est variable.

Le régulateur a un double tiroir. Cette disposition, appliquée depuis longtemps déjà sur un grand nombre de machines de la compagnie d'Orléans, rend très-facile la manœuvre des régulateurs et empêche le grippement des surfaces. On parvient à annuler le frottement de celles-ci, en équilibrant la pression sous les deux tiroirs : le petit tiroir s'ouvre seul au premier mouvement du levier à main, donne accès à la vapeur sous le grand tiroir, lequel s'ouvre à son tour, par la continuation du mouvement du levier. Les deux tiroirs se referment également au moyen du levier manœuvré en sens inverse.

Le foyer a une grille du système Raymondière, système expérimenté avec succès sur plusieurs locomotives du chemin de fer d'Orléans. Cette grille est composée de larges bandes de fer plat de dix millimètres d'épaisseur, posées sur champ et séparées par des têtes de rivet rondes, n'offrant que des points de contact. Leur espacement étant de un centimètre, la surface libre de la grille pour le passage de l'air correspond à la moitié de sa surface totale. Les barreaux n'ayant ni talons, ni entretoises, sont parfaitement rafraichis par l'air.

Le foyer est à deux portes qui facilitent la répartition du combustible sur toute la surface de la grille et qui

permettent de travailler facilement le feu sur les côtés latéraux.

La Compagnie d'Orléans a exposé un spécimen des entretoises du foyer qui sont semi-creuses et perforées de manière à conserver presque toute leur section. La perforation intérieure des entretoises, au lieu de régner sur toute leur longueur, n'a que 35 millimètres de profondeur environ à chaque extrémité, et le trou n'a que quatre millimètres de diamètre, tandis que, dans les entretoises creuses étirées, il est généralement de huit millimètres.

Une échelle graduée d'une manière spéciale pour le tube de niveau d'eau indique, dans chaque changement de profil, la quantité d'eau qui existe au-dessus du ciel du foyer.

Un des caractères des machines du chemin de fer de Paris à Orléans, c'est que le jeu latéral des essieux nécessaire au franchissement des courbes de petit rayon est obtenu, non par un train articulé, mais par une disposition particulière ,qui consiste en une pièce spéciale, à inclinaison convenable, placée entre les boîtes à graisse et le siége d'appui des ressorts de suspension. L'expérience a fait connaître l'angle à adopter suivant la charge qui pèse sur chaque essieu. Seulement, la même disposition appliquée à la machine « *le Cantal* », dont les roues extrêmes sont écartées de 4 mètres 53, est légèrement modifiée, en ce sens que la partie mobile se trouve interposée entre le coussinet et les boîtes à graisse. De cette façon, le mouvement de glissement vertical reste bien assuré.

Afin de permettre aux bielles de suivre le mouvement latéral des essieux et d'obéir aux mouvements de torsion

résultant des inégalités de la voie et de la surélévation du rail extérieur à l'entrée des courbes, elles sont réunies par une articulation sphérique, les tourillons de manivelle restant d'ailleurs cylindriques.

Le jeu latéral des boîtes d'essieux, pour passer dans les courbes de 200 mètres de rayon, est de 17 millimètres pour le premier et le cinquième essieux, et de 7 millimètres pour le deuxième et le quatrième.

La bielle motrice est placée entre les deux bielles d'accouplement, disposition de laquelle il résulte un minimum d'effort à la rupture au collet du tourillon de manivelle des roues motrices.

La machine « le Cantal » est pourvue d'un appareil à contre vapeur, semblable à celui appliqué à la locomotive des chemins de fer de Paris à Lyon, avec cette particularité qu'il comprend, en plus, deux soupapes de sûreté, ou purgeurs à boudins, placées sur les cylindres, dans le but d'éviter l'accumulation de pression dans la chaudière. La planche 27 (fig. 3) donne une disposition générale de ces purgeurs.

Dans le but de favoriser le mouvement des gaz sortant des tubes, la boîte à fumée est allongée à sa partie supérieure, et la cheminée, placée vers son extrémité. En outre, la cheminée est prolongée dans la boîte à fumée, de manière à gagner le plus de longueur possible.

Afin d'avoir du sable toujours sec et de le distribuer en avant des premières roues, la sablière est disposée dans l'embase de la cheminée.

La rampe ne supporte pas d'abri pour le machiniste.

Voici les dimensions de la machine « le Cantal ».

Diamètre des cylindres	0^m,500
Course des pistons	0.600
Diamètre des roues au contact	1.070
Timbre de la chaudière	9 at.
Longueur de la grille	1^m,83
Largeur »	1.13
Surface »	2^{mq},07
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille — à l'avant	1.390
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille — à l'arrière	1.140
Volume de la boîte à feu	2^{m3},69
Distance des tubes au-dessus de la grille	0^m,400
Nombre de tubes	280
Longueur des tubes (totale)	5^m
Diamètre intérieur des tubes, côté du foyer	0.0445
» » côté de la cheminée	0.046
Épaisseur moyenne des tubes	$0.002\,^1/_4$
Surface de chauffe des tubes	200^{mq}
» du foyer	10 »
» totale	210 »
Diamètre moyen du corps cylindrique de la chaudière	1^m,600
Épaisseur des tôles (acier fondu) du corps cylindrique	0^m,010
Volume de vapeur contenue dans la chaudière	3^{m3},915
Longueur intérieure de la boîte à fumée (haut)	1.100
Longueur intérieure de la boîte à fumée (bas)	0.850
Longueur transversale de la boîte à fumée	1.840
Diamètre intérieur de la cheminée	0.450

Écartement des essieux extrêmes. . .	4.53
Poids de la machine vide	47.500[k]
— des outils et agrès	350
— de l'eau dans la chaudière (avec 0.10[c] au-dessus du ciel du foyer).	5.580
Poids de l'eau dans les caisses. . . ,	5.400
— du charbon dans le foyer . . .	300
— — dans les caisses. . .	1.500
— de la machine avec approvisionnements complets au départ.	60.630
Poids de la machine avec approvisionnements épuisés.	53.730
Poids de la machine moyen en marche. .	57.180
Charge moyenne sur chaque essieu. . .	11.436
Charge remorquée en rampe de 30 m/m. .	150 t.

XVIII

La seconde locomotive exposée par la *Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans* est un type assez puissant pour remorquer, à grande vitesse, des trains de 10 à 12 voitures, sur des rampes variant de 10 à 16 millimètres d'inclinaison et ayant des courbes de 300 à 500 mètres de rayon.

Le type de machine, construit en vue de produire la puissance de traction et la force d'adhérence réclamées par les conditions ci-dessus, est à six roues, dont les quatre d'arrière de grand diamètre sont accouplées, à cylindres extérieurs horizontaux, avec mécanisme extérieur, suivant le système allemand, et foyer en porte-à-faux.

La machine exposée est sortie des ateliers d'Ivry, en 1864, et, depuis cette date jusqu'au 28 février 1867, elle a effectué un parcours total de 145,734 kilomètres (soit en moyenne 5,605 kilomètres par mois ou 67,260 kilomètres par an), sur les lignes d'Agen et de Toulouse, dont les rampes sont de 10, 12 $\frac{1}{2}$ et 16 millimètres par mètre. Sa consommation a été de 5 kilog. 91 de houille par kilomètre. La dépense d'entretien s'est élevée à 2,658 fr. ou 1 centime 82 par kilomètre.

La stabilité de la machine a été obtenue par l'écartement des roues extrêmes, lequel atteint 4 mètres, et par la disposition, à l'arrière, d'un balancier d'équi-

libre, servant à répartir également la charge adhérente sur les roues couplées.

La locomotive est pourvue de l'appareil fumivore Tembrinck, appliqué avec succès sur 350 machines du chemin de fer d'Orléans, et qui permet l'emploi des houilles les plus fumeuses pour tous les trains de voyageurs. Comme on le sait, cet appareil se compose essentiellement d'un écran fixé au-dessus de la grille et qui empêche les gaz de se diriger directement vers les tubes. Cet écran, qui n'aurait pas résisté à l'action de la flamme, est un bouilleur incliné qui se remplit d'eau au moyen de tuyaux recourbés partant de l'enveloppe du foyer. Au-dessous de la porte du foyer, laquelle ne sert qu'au nettoyage et au tamponnage des tubes, se trouve une ouverture divisée en deux compartiments : l'un pour l'admission de l'air, dont la quantité est réglée au moyen d'un registre; l'autre destiné, à l'aide d'une trémie, à amener le charbon sur la grille, dont une partie, celle où se produit la combustion, est inclinée, et l'autre, horizontale et mobile.

Pour aider à la fumivorité, l'air est introduit de manière à ce qu'il traverse perpendiculairement la direction des gaz, lorsque ceux-ci arrivent à la section rétrécie par le bouilleur.

La disposition à plans inclinés a été adoptée pour faciliter le franchissement des courbes de faible rayon. Les roues accouplées sont placées à l'arrière, et les roues porteuses, qui sont à l'avant, ont un déplacement latéral de 14 millimètres. Cette position évite aux bielles d'accouplement les chocs qui ont lieu à l'entrée des courbes et aux aiguilles de changement de voie.

La chaudière, qui a été dépouillée de la moitié de son

enveloppe, est en acier fondu, à double rivure; elle est alimentée par un giffard placé à gauche, et par une pompe disposée à droite.

Presque toutes les pièces du mécanisme sont aussi en acier fondu. L'allègement de toutes les parties de la machine était une nécessité commandée par le poids considérable auquel on était conduit, en adoptant le type que nous décrivons.

Le châssis est extérieur, les deux longerons qui le composent sont reliés par des entretoises. Une entretoise sert, en outre, à renforcer le support de l'appareil à changement de marche.

Le relevage des coulisses de distribution se fait par un appareil à vis horizontale et à levier vertical.

Un frein agit sur les deux paires de roues accouplées. Les roues sont du système Arbel, avec bandages en acier fondu. L'échappement est variable.

La machine ne porte pas d'abri pour le mécanicien.

La surface de chauffe totale est de 136 mètres carrés 91. Son poids à vide est de 30 tonnes et ne dépasse pas 34 tonnes en ordre de marche. Sa puissance et son adhérence lui permettent de remorquer des trains omnibus à la vitesse de 45 et 50 kilomètres, aussi avantageusement que des trains de vitesse à 60 et 70 kilomètres.

Douze machines du type que nous venons de décrire roulent sur les lignes du chemin de fer d'Orléans, et douze autres machines semblables sont actuellement en construction dans les ateliers d'Ivry.

Voici les dimensions principales de la machine à 4 roues accouplées :

Diamètre des cylindres	$0^{m},430$
Course des pistons	0,650
Diamètre des roues motrices au contact .	2,020
Timbre de la chaudière	9^{atm}
Longueur de la grille	$1^{m},380$
Largeur -	1,013
Surface -	$1^{mq},40$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.. . . . avant .	$1^{m},550$
arrière.	0,940
Volume de la boite à feu avec bouilleur .	$1^{m3},600$
- - sans bouilleur .	1,740
Distance des tubes au-dessus de la grille .	0,830
Nombre de tubes.	179
Longueur des tubes	5^{m}
Diamètre intérieur des tubes, côté du foyer.	$0,042\frac{1}{2}$
- - côté de la cheminée.	0,044
Epaisseur moyenne des tubes	$2^{m}\!/_{m}\frac{1}{4}$
Surface de chauffe avec foyer Teubrinck — des tubes. . . .	$128^{mq}78$
du foyer avec bouilleur.	8,13
Totale	136,91
Diamètre moyen du corps cylindrique de la chaudière	$1^{m}240$
Epaisseur des tôles en acier du corps cylindrique	0,008
Volume de vapeur contenue dans la chaudière	2^{m3}
Longueur intérieure de la boite à fumée. .	0,900
- transversale - .	1,450
Diamètre intérieur de la cheminée . .	0,410
Ecartement des essieux extrêmes. . .	4^{m}
Poids total de la machine vide (avec agrès) .	30,000
- - en feu . . .	34,000

Poids adhérent		24,300
Charge remorquée, en rampe de 10 $^{m}/_{m}$.		. 126 tonnes
– – –	de 12 ½ .	. 108 –
– – –	de 16 .	. 90 –

XIX

La *Compagnie des chemins de fer de l'Est,* dont M. Vuillemin est l'ingénieur en chef, a exposé une fort belle locomotive à tender-moteur, ainsi qu'une série très-curieuse de wagons et voitures que nous retrouverons au chapitre du matériel de transport. Avant de décrire son intéressante locomotive à cylindres auxiliaires, rappelons brièvement les circonstances au milieu desquelles a pris naissance ce type de machine.

Il y a vingt ans, M. Verpilleux, alors ingénieur du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, eut l'idée de chercher l'augmentation d'adhérence dont il avait besoin pour monter la rampe de 14 millimètres de Rive de Gier, en appliquant au tender deux cylindres moteurs qui recevaient la vapeur de la chaudière de la machine. Cet ingénieur fut amené à demander au tender le supplément d'adhérence, par la raison que le poids de la machine était limité à cause de la légèreté des rails de la ligne de Saint-Étienne à Lyon, lesquels ne pouvaient supporter une charge supérieure à 7 tonnes par essieu.

Les machines à tender-moteur de M. Verpilleux étaient caractérisées par des dispositions que nous croyons de-

voir rappeler : véhicules à quatre roues, mouvements extérieurs, tuyau à rotules amenant, dans les cylindres du tender, la vapeur prise à la chaudière de la machine, et enfin utilisation, au tirage de la cheminée, de la décharge de la vapeur, provenant tant des cylindres de la machine que de ceux du tender.

Les machines Verpilleux présentaient des inconvénients : surface de chauffe insuffisante, tuyaux d'admission et d'émission de vapeur d'une complication qui nécessitait des frais d'entretien assez élevés et surtout variations de pression considérables qui étaient la conséquence obligée des dimensions réduites du générateur. Ces machines disparurent à l'époque où les rails de la ligne de Saint-Étienne à Lyon furent remplacés.

Les reproches sérieux qu'on adressait aux machines Verpilleux furent sans doute la cause de l'oubli dans lequel elles restèrent durant plusieurs années.

En 1863, un ingénieur anglais en renom, M. Sturrock, directeur de la traction du Great-Northern railway, appliqua le système Verpilleux, d'une manière fort rationnelle, à des machines à cylindres intérieurs et à six roues accouplées, dont il allongea le foyer. Le tender reçut un mécanisme moteur semblable à celui de la machine.

M. Sturrock, dépouillant l'idée de l'ingénieur français des inconvénients qui en avaient arrêté l'application, lui donna une forme infiniment plus pratique.

Le but poursuivi par M. Sturrock n'était pas exactement conforme à celui cherché et obtenu par M. Verpilleux. Pour l'ingénieur anglais, il s'agissait, non de gravir des rampes excessives, mais de remorquer des trains considérables, sur des rampes normales, sans trop ralentir la vitesse.

Les principales dispositions constituant la base de la patente de M. Sturrock consistent en deux prises de vapeur et en un long tube, d'une forme très-étudiée, parfaitement construit, qui amène aux cylindres auxiliaires du tender la vapeur empruntée au générateur de la machine. Ce tube, qui prend naissance au dôme de la chaudière, se prolonge, sans soutien, jusqu'aux cylindres du tender, et il jouit d'une flexibilité telle qu'il peut obéir aisément à tous les déplacements du tender.

Une particularité du système de M. Sturrock, c'est que l'eau qui alimente la chaudière est élevée à une haute température au moyen de la vapeur émise par les cylindres auxiliaires, laquelle se rend dans des tubes disposés horizontalement dans la caisse à eau du tender.

Plusieurs projets participant les uns du système Verpilleux, les autres du système Sturrock, ont vu le jour et vont être essayés sur différentes lignes : nous aurons l'occasion de les rencontrer dans nos descriptions ultérieures.

Au point de vue économique et considéré d'une manière générale, le système à tender-moteur est défectueux. On ne peut méconnaître, en effet, que la vapeur est fort mal utilisée dans les cylindres du tender, attendu qu'elle subit une déperdition de pression assez sensible. Il faut donc des circonstances tout à fait spéciales pour justifier l'emploi de ce système. Quoiqu'il soit toujours difficile, en matière de locomotives, d'établir des principes généraux, il n'est pas impossible de déterminer, dans une certaine mesure, les circonstances qui peuvent rationnellement commander l'emploi des machines à tender-moteur. Il est évident que, lorsqu'on doit remorquer des trains très-lourds à de grandes vitesses, il de-

vient nécessaire de conserver un grand diamètre aux roues motrices, et dès lors le nombre d'essieux à placer sous la machine, est limité; et, dans l'hypothèse où la machine satisfait à ces deux conditions, elle est incapable de produire seule le poids adhérent nécessaire : le manque d'adhésion doit alors être demandé au tender-moteur. C'est assurément le cas du Great-Northern railway, et l'application de M. Sturrock se justifie d'autant plus que l'Angleterre dispose d'un combustible à bon marché et qui produit une grande quantité de vapeur.

L'emploi du tender-moteur trouve encore sa justification sur les lignes dont le profil présente des rampes exceptionnelles, s'appliquant à des parties relativement peu étendues : dans ce cas, la machine ayant, en temps ordinaire, une force suffisante, l'excès de puissance que peut donner le tender, n'est utilisé que pour gravir les rampes. On peut alors, pendant le temps relativement court où s'opère la montée des rampes, même avec des combustibles médiocres, produire l'excès de vapeur nécessaire à l'alimentation des cylindres du tender. C'est ce qui se présente pour la ligne du Centre belge qui a adopté le tender Sturrock, et, jusqu'à un certain point, pour la ligne de Spa à la frontière, exploitée par la Compagnie de l'Est français.

Nous pouvons dire aussi que l'emploi des cylindres auxiliaires a sa raison d'être sur les lignes dont le trafic varie en importance avec les saisons; c'est-à-dire qui n'ont de lourds trains à remorquer que pendant une partie de l'année et dont les moyens de traction sont restreints. Dans ces circonstances, le tender-moteur peut être remplacé par le tender ordinaire, pendant la saison où le trafic est peu considérable.

En dehors de ces cas spéciaux, l'emploi des locomotives à tender-moteur, comme moyen de produire une grande puissance de traction, est mauvais : il vaut mieux alors donner la préférence aux machines à quatre et à cinq essieux moteurs.

La locomotive à tender-moteur de l'Est français a été construite dans les *ateliers de Graffenstaden*, dont M. Mesmer est le directeur. Elle est parfaitement exécutée. La chaudière est très-dégagée et le châssis tout droit, depuis la boîte à fumée jusqu'à l'extrémité arrière du tender, contribue à donner à la machine son bel aspect.

Cette machine est destinée à la ligne de Spa à Luxembourg où elle doit remorquer des trains considérables sur des rampes de 25 millimètres d'inclinaison ; les courbes à franchir par elle sont de 500 mètres, et le franchissement en est facilité par l'exiguité de l'écartement extrême des essieux qui n'est que de $3^{m},55$. Le profil de la section de Spa à Luxembourg est très-accidenté.

Dans la machine de l'Est, le tender-moteur a pour but de fournir à la locomotive le supplément de puissance et d'adhérence nécessaires à un moment déterminé.

La machine exposée est à cylindres intérieurs. Les mouvements de transmission et de distribution sont intérieurs. Le châssis est extérieur aux roues.

La prise de vapeur a lieu dans un petit dôme près de la cheminée, au moyen d'un tube flexible comme celui employé par M. Sturrock. Mais une particularité, c'est que la décharge de la vapeur des cylindres du tender se fait directement par un tube dans l'atmosphère. Nous ne saurions approuver cette disposition qui enlève le bénéfice de l'emploi de l'eau chaude à la formation de la

vapeur, surtout dans les pays où le combustible est cher et où on ne peut, comme en Angleterre, par exemple, consentir, sans charges sensibles, à l'abandon d'une partie de la force motrice. Dans les machines à tender-moteur, une grande quantité de vapeur est une nécessité, et tout doit contribuer à l'obtention prompte de la force supplémentaire dont on peut avoir besoin à un moment donné.

La chaudière est très-grande; elle est en acier fondu, et elle est alimentée par un giffard du système de l'Est, disposé à gauche.

Le foyer est supporté en son milieu par l'essieu d'arrière, et il a une longueur de 2 mètres 24; sa grille est inclinée. Il doit être divisé en deux par un bouilleur longitudinal qui n'existait pas encore à la machine exposée.

Le mécanisme du mouvement est en acier fondu. Les manivelles sont rapportées aux bouts des essieux. Le relevage des coulisses se fait par un appareil du système Kitson : une vis horizontale ou un levier à main, à volonté. Les ressorts sont réglables par des écrous. La sablière est placée au milieu du corps cylindrique.

La machine ne possède pas de toiture pour le mécanicien, mais elle porte une petite plaque inclinée, à la partie supérieure du foyer.

La surface de chauffe totale est de 132 mètres carrés 350, et le poids de la machine en ordre de marche est de 35 tonnes 120.

Le tender est d'une construction très-soignée; il est à six roues dont le diamètre est un peu plus petit que celui des roues de la machine. Les soutes à eau sont disposées latéralement et l'espace compris entre elles est

évidé extérieurement et sert à recevoir le combustible.

Le tender porte spécialement un appareil à crans. Nous n'approuvons pas cette disposition. Les locomotives à tender-moteur sont des engins de traction, en quelque sorte dédoublés, qui exigent des mécanismes très-simples et en petit nombre, afin de ramener, autant que possible, leurs conditions de conduite et de surveillance aux conditions des machines-tender. Nous eussions préféré la disposition, adoptée par le Grand Central belge, de deux excentriques à tocs, le sens de la marche étant donné par la locomotive.

Le tender porte aussi une petite cloche à deux effets, pour l'avant et pour l'arrière.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est a obtenu la médaille d'or pour sa remarquable exposition en produits de matériels de chemins de fer.

Voici les conditions principales d'établissement de la machine à tender-moteur (1) :

Diamètre des cylindres	$0^{m},420$
Course des pistons.	$0^{m},600$
Surface de la grille.	$2^{mq},43$
" de chauffe du foyer . .	$11^{mq},52$
" du bouilleur.	$3^{mq},33$
" des tubes	$117^{mq},50$
" de chauffe totale. . .	$132^{mq},35$
Pression effective de la chaudière.	$8^{k},500$
Diamètre des roues au contact. .	$1^{m},300$
Écartement extrême des essieux .	$3^{m},550$

(1) Voir ses dimensions complètes dans le travail de M. Gaudry (librairie Lacroix) sur les machines à vapeur de l'Exposition.

Poids de la machine à vide. . .	30 tonnes 510
— — en ordre de marche	35 tonnes 120

TENDER.

Diamètre des cylindres . . .	0^m,380
Course des pistons	0^m,420
Diamètre des roues au contact. .	1^m,210
Écartement extrême des essieux .	3^m,150
Poids du tender à vide . . .	17 tonnes 280
— » en ordre de marche	28 tonnes 170
Contenance de la caisse à eau. .	7,840 litres.
— de la soute à combustible.	5,000 kilog.
Effort réel de traction de la machine.	6,660 »

XX

La *Société J. F. Cail et Ce en participation avec la Compagnie de Fives-Lille* a exposé deux excellentes machines destinées au chemin de fer du Nord et dont l'exécution est fort belle. Le jury a décerné la médaille d'or à la participation.

La première que nous décrirons est une locomotive construite *dans les ateliers de Fives-Lille,* à huit roues accouplées, portant le N° 1509 de fabrication, et faisant partie d'un lot de vingt-quatre machines commandées par le chemin de fer du Nord, pour parcourir ses lignes à grandes courbes.

Ce type de machine, représenté planche 28, fig. 1, est à cylindres et distribution extérieurs. Les longerons sont placés entre les roues. Les boîtes à graisse sont intérieures. L'essieu d'arrière passe sous le foyer, ce qui diminue le porte-à-faux de ce dernier.

La grille très-longue et inclinée est du système Belpaire; elle est munie d'un jette-feu.

Les ressorts de suspension des deux essieux du milieu sont reliés par deux balanciers, dans le but de faciliter et d'assurer la répartition du poids de la machine sur les roues.

Les crans de l'appareil à changement de marche sont très-rapprochés.

Un frein, à main et à vis, placé sur la machine, agit sur les roues.

Le mécanisme est en acier fondu.

Le régulateur, placé sur le corps cylindrique, prend la vapeur dans un dôme.

La cheminée est allongée dans l'intérieur de la boîte à fumée, jusqu'au niveau du rang des tubes supérieurs.

La surface de chauffe totale est de 155^{mq},700. Le poids de la machine, avec chaudière pleine, est de 43,500 kilog., distribués comme suit :

1er essieu avant	12,500	kilog.
2e essieu	11,400	»
3e essieu	11,740	»
4e essieu	8,400	»

Les essieux extrêmes peuvent se déplacer latéralement, au moyen de l'appareil à translation de M. Caillet, appareil appliqué à une paire de roues exposée en face de la machine. Le but de cet appareil (fig. 2 et 3 de planche 28) est de permettre le déplacement des essieux pour le franchissement des courbes à petits rayons, sous l'influence d'une pression du boudin des roues contre les rails. Cette pression croît à mesure que le déplacement augmente, et cela sans apporter aucune modification à la répartition du poids de la machine sur les essieux, puisque les boîtes à graisse B glissent sous les glisseurs D, la longueur des tiges de pression C n'étant pas dérangée.

La pression exercée par le boudin contre le rail pour déterminer le déplacement de l'essieu est tout à fait dépendante de la tension initiale des ressorts F, de

sorte qu'on peut réduire cette tension initiale jusqu'à la limite à laquelle on produirait le mouvement de lacet.

L'appareil de M. Caillet est appliqué à plus de quatre cents machines : on y a constaté que l'usure des boudins des roues est notablement réduite.

La chaudière est alimentée par deux injecteurs giffard, disposition Turck. Le caractère essentiel de cette disposition, qui est représentée par la fig. 4 de la planche 28, consiste dans la tuyère d'injection de vapeur, laquelle, au lieu d'être mobile, est fixée par un joint à brides, de manière à faire disparaître toute chance de fuite, et par suite toute crainte de désamorçage. Le régulateur d'eau A est formé par une douille qui se meut extérieurement à la tuyère B, au moyen d'un pignon H et d'une crémaillère, et qui forme une chambre isolante N entre l'eau et la vapeur, dans le but d'éviter la condensation de la vapeur et l'échauffement de l'eau.

L'injecteur est mis en marche, en ouvrant entièrement le robinet de prise de vapeur, puis le régulateur d'eau dont on place le levier à l'encoche qui porte le numéro correspondant à la pression qui existe dans la chaudière. L'aiguille G est ensuite ouverte, en la détournant d'un quart à un demi tour suivant les pressions et l'inclinaison du pas de vis qui est sur l'aiguille. Alors un filet de vapeur s'écoule et détermine l'aspiration, laquelle a lieu instantanément dans les circonstances ordinaires. Dès que l'aspiration est effectuée, ce qui se reconnaît au dégorgement de l'eau et à l'extinction du sifflement de la vapeur, on ouvre l'aiguille G, jusqu'à ce que l'injection se produise dans la chaudière. Dans ce dernier cas,

le dégagement cesse et le sifflement de la vapeur se produit.

L'injecteur à régulateur d'eau indépendant est combiné de telle sorte qu'un même appareil puisse desservir toutes les pressions, depuis une atmosphère et un quart jusqu'à dix atmosphères et au-dessus.

Il est nécessaire d'ouvrir entièrement l'aiguille jusqu'à quatre atmosphères; mais au-dessus de cette pression, on arrête l'aiguille aussitôt que l'injection est déterminée, sinon, il pourrait se faire qu'il y eût un excès de vapeur, et l'injecteur se désamorcerait.

Le tableau d'autre part donne les dimensions d'une série d'injecteurs correspondant à des quantités d'eau et à des pressions déterminées. Pour connaître le diamètre de l'injecteur dont on a besoin, il suffit de descendre dans la colonne qui indique la pression sous laquelle il doit fonctionner, jusqu'à ce que l'on rencontre le chiffre exprimant la quantité d'eau nécessaire; puis, en retournant perpendiculairement vers la gauche du tableau, on trouve le diamètre de l'injecteur. Le N° 9 est celui qui convient le mieux pour les locomotives.

La machine est pourvue d'un attelage spécial, du système Stradal. — La fonction de cet appareil consiste à mettre la machine dans les mêmes conditions de liberté de direction que si elle était attelée par le point milieu de l'écartement de ses essieux extrêmes.

L'attelage se compose (fig. 1 et 2, planche 29) d'une barre AB ayant la forme d'un T, dont les tourillons C,C' s'emmanchent dans les pièces E, E'.

Ces pièces E, E' sont reliées par quatre bielles F, F', à deux chevilles d'attelage G, G', qui, fixées aux plateaux de la machine, sont les deux points de traction autour

desquels la barre AB peut se mouvoir dans tous les sens.

Pressions absolues en atmosphères..		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Puissance d'alimentat° par millimètre circulaire		0'6	0'75	0'95	1'00	1'25	1'37	1'48	1'50	1'55	1'60
Hauteur maxima d'aspiration.....		0m700	1m300	2m000	2m500	3m000	3m300	3m750	4m000	4m250	4m450
Température maxima de l'eau d'aspiration		67°	64°	60°	54°	50°	45°	40°	37°	34°	32°
Diamètres des injecteurs en millimètres	Diamètre intérieur des tuyaux	QUANTITÉ D'EAU MAXIMA **fournie en litres par minute**									
2	16	2	3	3	4	5	5	5	6	6	6
3	20	3	6	8	9	11	12	12	13	14	14
4	22	9	12	15	16	20	21	22	24	25	25
5	25	15	18	23	25	31	34	35	37	38	40
6	28	21	26	33	36	45	49	51	54	56	57
7	31	29	36	45	49	61	67	70	75	76	78
8	34	38	48	61	64	81	87	91	96	100	102
9	37	50	60	75	80	100	110	115	120	126	130
10	40	60	75	95	100	125	137	145	150	155	160
11	43	70	86	112	121	151	165	175	181	187	195
12	46	86	108	133	144	180	197	205	216	225	230
14	52	117	147	182	196	245	268	280	294	303	313
16	58	150	192	238	256	320	346	366	384	396	409
18	64	194	245	301	324	405	445	465	486	502	518

L'effort de traction appliqué en A' devant être équilibré par la réaction des deux bielles F, F' et ces deux réactions étant des forces dont les directions se coupent en H', l'effort de traction passe aussi par ce point.

En prolongeant la direction AH', elle rencontre l'axe

de la machine en K; d'où il résulte que la machine est dans les mêmes conditions que si elle était attelée par le point K, milieu de l'écartement de ses essieux extrêmes.

Les fig. 3 et 4 de la planche 29 représentent une modification de la barre qui est munie d'un tendeur à vis; mais cette disposition ne change en rien le mode de fonctionnement de l'attelage.

La machine ne porte pas d'abri pour le mécanicien. Voici ses dimensions principales :

Grille inclinée. Longueur	$2^m,260$
» Largeur	$1^m,000$
» Surface	$2^{m^2},26$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille. . { à l'avant .	$1^m,290$
{ à l'arrière.	$1^m,010$
Diamètre intérieur de la chaudière. .	$1^m,500$
Tubes. Nombre.	249
» Longueur.	$4^m,100$
» Diamètre intérieur. . .	$0^m,046$
» Épaisseur.	$0^m,002$
Surface de chauffe du foyer. . .	$9^{m^2},000$
» des tubes. . .	$146^{m^2},70$
» totale. . .	$155^{m^2},70$
Tension de la vapeur en kilog. effectif par C^2 (P).	8 k.
Diamètre des cylindres (d). . .	$0^m,500$
Course des pistons (l). . . .	$0^m,650$
Diamètre des roues (D). . . .	$1^m,300$
Écartement des essieux . { 1er essieu (avant) au 2e.	$1^m,380$
{ 2e essieu au 3e. . .	$1^m,380$
{ 3e essieu au 4e. . .	$1^m,490$

Poids de la machine.	avec chaudière pleine comme au départ .	43,500 k.
	avec chaudière complétement vide . . .	38,500 k.
Répartition sur les rails du poids de la machine pleine .	1[er] essieu avant.	12,200 k.
	2[e] essieu . .	11,600 k.
	3[e] » . .	11,800 k.
	4[e] » . .	8,400 k.
Poids total adhérent		43,700 k.
Effort de traction calculé avec un coëfficient de $0^m,65$. $(0,65 \frac{P\ d^2\ l.}{D})$ . .		6,500 k.
Nombre de wagons remorqués en service normal sur rampe maxima de 5 $^m/_m$.		45
Poids du train remorqué . . .		630,000 k.
Vitesse réglementaire entre les stations.		25 kilom.

XXI

La deuxième machine, exposée par les deux sociétés en participation : *J.-F. Cail et Cᵉ* et *Compagnie de Fives-Lille*, a été exécutée dans les ateliers de *J.-F. Cail et Cⁱᵉ*, et fait partie d'un lot de trente-six locomotives commandées par le chemin de fer du Nord. Son numéro de fabrication est 1542.

Ce type de machine est à six roues, dont les quatre d'avant sont accouplées. Ses cylindres sont intérieurs et légèrement inclinés pour éviter l'essieu d'avant.

Les roues porteuses, à l'arrière, ont un essieu, à fusées extérieures aux roues, qui passe sous le foyer. Cette disposition a permis de donner à la grille et aux tubes de très-bonnes conditions de longueur, tout en ne dépassant pas, entre les extrêmes, un écartement de $4^{m}400$.

La grille est inclinée et du système Belpaire; elle est munie d'un jette-feu.

La surface de chauffe totale est de 97 mètres carrés, et le poids de la machine, avec chaudière pleine, est de 30,800 kilog., répartis comme suit :

1er essieu	avant	11,300 kilog.
2e »	»	11,500 »
3e »	»	8,000 »

Le châssis est formé de deux longerons intérieurs aux roues, qui vont d'une traverse à l'autre, et qui portent les

plaques de garde des deux essieux accouplés. L'essieu d'arrière a des plaques de garde extérieures, qui s'arrêtent aux roues du milieu et qui sont reliées par des traverses aux longerons intérieurs.

Les ressorts sont réglés par des écrous. Un frein, à vis et à main, agit sur les roues d'avant et d'arrière.

Le relevage des coulisses se fait par un appareil à crans.

La chaudière est alimentée par deux injecteurs giffard, disposition Turck; elle porte un dôme, dans lequel la vapeur est prise par un tuyau qui l'amène dans un régulateur à tiroir, placé sur le corps cylindrique.

La cheminée est allongée dans l'intérieur de la boite à fumée, jusqu'au niveau du rang des tubes supérieurs, pour en augmenter la longueur.

La machine ne porte pas de toiture pour abriter le mécanicien. Voici ses dimensions principales :

Grille. Longueur	1,600
" Largeur	1,020
" Surface	$1^{mq}63$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille, à l'avant.	1,400
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille, à l'arrière.	1,250
Diamètre intérieur de la chaudière .	1,275
Tubes. Nombre	164
" Longueur	1,80
" Diamètre intérieur	0,046
" Épaisseur	0,002
Surface de chauffe. Foyer	7^{m2},30
" " Tubes	90^{m2},000
" " Totale	97^{m2},300

Tension de la vapeur en kilog. effectif par C^2 (P)	8 kos
Diamètre des cylindres (d). . . .	0^m,420
Course des pistons (l).	0^m,560
Diamètre des roues motrices (D). .	1^m,800
" " support . .	1^m,2170
Écartement des essieux. { 1er essieu (avant) au 2e.	2^m,150
{ 2e essieu au 3e. . .	2^m,250
Poids de la machine, avec chaudière pleine comme au départ. . . .	30,800 k.
Poids de la machine, avec chaudière complétement vide.	27,500 k.
Répartition sur les rails du poids de la machine pleine . . { 1er essieu avant	11,300 k.
{ 2e — "	11,500 k.
{ 3e — "	8,000 k.
Poids adhérent	22,800 k.
Effort de traction calculé avec un coëfficient de 0^m,60 $(0{,}60 \frac{P\, d^2\, l.}{D})$ . . .	2^m,640
Nombre de voitures remorquées sur rampes maxima de 5 m/m.	18
Poids du train remorqué	144,000 k.
Vitesse moyenne des trains entre les stations	60 kilomètres.

XXII

La Compagnie des chemins de fer du Midi, dont M. Laurent est l'ingénieur en chef, a obtenu la médaille d'or pour la locomotive à six roues qu'elle a exposée. Cette locomotive est très-bien construite et sort, sous le n° 1, des ateliers de la Compagnie, à Bordeaux.

Elle porte le nom de « *Pic du Midi* » et elle est destinée à remorquer des trains de voyageurs ou de marchandises surdes rampes de dix à dix-sept millimètres. Elle offre la particularité d'être disposée de manière à recevoir des roues de un mètre 30 centimètres ou de un mètre 60 centimètres, suivant le service auquel elle sera appliquée. Cette disposition est sans doute prise dans le but de conserver deux types de roues et un seul type de machine.

La machine est à six roues accouplées. Les cylindres sont extérieurs et les tiroirs intérieurs, avec châssis entre les roues. Le mécanisme de transmission se trouve donc placé entre les roues, et le mécanisme de distribution, à l'intérieur.

Les coulisses de distribution sont du système Allan déjà décrit, et leur relevage se fait par un appareil à crans très-rapprochés.

La chaudière est alimentée par un giffard vertical, disposé à gauche; elle est en tôle d'acier de neuf millimètres d'épaisseur.

Les bandages sont en acier fondu et les boîtes à graisse sont en bronze.

Les ressorts, placés très-bas, sont réglés par des écrous. Les deux soupapes sont situées sur le dôme du foyer.

La sablière est au-dessus du corps cylindrique.

La surface de chauffe totale est de 145 mètres carrés 610. Le poids total de la locomotive chargée est de 34 tonnes $\frac{7}{10}$, réparties de la manière suivante :

Essieu d'avant	11	tonnes	$\frac{2}{10}$.
Essieu du milieu	12	»	$\frac{5}{10}$.
Essieu d'arrière	11	»	

La machine ne porte pas d'abri pour le mécanicien. Voici ses dimensions principales :

VAPORISATION.

Longueur de la grille	$1^m,450$
Largeur » »	$1^m,008$
Surface » »	$1^{mq},460$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille	$1^m,525$
Volume de la boîte à feu	$2^{m3},220$
Nombre de tubes	223
Longueur des tubes entre les plaques .	$4^m,460$
Diamètre intérieur des tubes . . .	$0^m,044$
Épaisseur des tubes	$0^m,002$
Surface de chauffe des tubes. . .	$137^{mq},25$
Surface de chauffe du foyer . . .	$8^{mq},360$
Surface de chauffe totale	$145^{mq},610$
Diamètre moyen du corps cylindrique .	$1^m,361$
Épaisseur de la tôle du corps cylindrique	$0^m,009$

Timbre de la chaudière . . .	9 atmosphères.
Volume d'eau contenu dans la chaudière avec 0m,10 au-dessus du ciel du foyer.	4m³.
Volume de vapeur " " "	1m³980
Longueur transversale de la boîte à fumée	1m,370
Diamètre intérieur de la cheminée. .	0m,452

MÉCANISME.

Diamètre des cylindres. . . .	0m,450
Course des pistons	0m,650
Nombre d'essieux.	3
Nombre d'essieux accouplés. . .	3
Écartement des roues extrêmes . .	3m,600
Diamètre des roues motrices et accouplées	1m,600

PUISSANCE.

Poids sur chaque essieu :

Locomotive chargée. 1° avant . .	11,200	kilogr.
" " 2° milieu . .	12,500	"
" " 3° arrière . .	11,000	"
Poids total de la locomotive chargée .	34,700	"
Poids total de la locomotive vide . .	30,500	"
Puissance de traction (en prenant les 0m,65 de la pression effective) . .		4.970
Adhérence au $\frac{1}{6}$		5.783

XXIII

Les établissements d'*Ernest Gouin et Cie, à Clichy*, mis hors concours (M. Gouin faisant partie du jury), sont représentés à l'Exposition du Champ de Mars par l'intéressante locomotive à quatre cylindres et à douze roues couplées de M. Petiet, ingénieur en chef du chemin de fer du Nord.

Cette machine est du type de celle qui fut exposée en dessins par M. Petiet, à Londres, en 1862, et qui eut la bonne fortune de provoquer des discussions mémorables dont la science devait profiter.

Le système Petiet eut à subir, de la part de l'Angleterre surtout, toutes les injures imaginables. Il n'y avait pas d'expression qui fût à la hauteur des colères des ingénieurs de la classique Albion. La France elle-même, par l'organe d'ingénieurs de mérite, s'associa à ce concert de reproches. La conception de l'ingénieur français était, il est vrai, tout à fait en dehors des idées qui avaient cours à cette époque et dénotait une hardiesse de vues à laquelle les esprits n'étaient pas préparés; mais la distance, toujours très-grande, entre la théorie et la pratique, était là pour justifier la résistance de ceux qui pensaient qu'à l'avenir seul devaient être réservés, d'une façon absolue, les résultats de la machine du chemin de fer du Nord.

Dix machines du type exposé ont été construites de-

puis cette époque, et les résultats satisfaisants qu'elles ont fournis, ont engagé la Compagnie du chemin de fer du Nord à en faire une nouvelle commande, dont la locomotive « *le Titan* » que nous allons décrire, fait partie.

Les machines Petiet utilisent tout leur poids pour l'adhérence et remorquent économiquement, à grande distance et d'une façon régulière, des trains très-lourds, sur la ligne du Nord, à profil accidenté.

Le *Titan* est à douze roues couplées et à quatre cylindres agissant, sur deux groupes absolument indépendants, chaque groupe de six roues ayant son mécanisme moteur spécial et extérieur. (Pl. 30.)

La distribution est extérieure. Les quatre coulisses se font contre-poids et sont relevées par un seul levier de changement de marche, qui peut être manœuvré par une vis, de manière que les deux groupes de cylindres fonctionnent à la fois au même cran de détente.

Le bâti est rigide et intérieur aux roues : il est formé de deux longerons découpés à la forme voulue, après avoir été fabriqués d'une seule pièce. Ces longerons sont contre-coudés aux extrémités pour recevoir les cylindres, et ils sont reliés par des entretoises et par deux châssis en fer.

La chaudière est construite de façon à produire, avec du charbon de qualité inférieure, une grande quantité de vapeur sèche.

Le foyer, qui a de grandes dimensions, s'étend sur les côtés latéralement et au-dessus des roues ; il est du système déjà décrit de M. Belpaire, ingénieur en chef des chemins de fer de l'Etat belge. La grille, inclinée de l'arrière à l'avant, est formée de trois séries de barreaux disposés dans le sens longitudinal ; sa partie antérieure

constitue le jette-feu, lequel est composé de barreaux placés dans le sens transversal.

Les caisses à eau sont situées sous la chaudière et à l'arrière; et la soute à charbon est disposée à l'arrière de la machine.

En communication avec la chaudière et au-dessus d'elle est placé un réservoir à vapeur, qui est traversé par des tubes sécheurs. Le réservoir étant fermé par deux plaques, les gaz chauds, venant de la boîte à fumée, circulent dans ces tubes; puis, après avoir parcouru un grand carneau horizontal, qui repose sur le corps cylindrique et qui enveloppe le dessicateur de toutes parts, les gaz se rendent dans une cheminée horizontale et recourbée à son extrémité, disposition rendue nécessaire par la grande hauteur du centre de la chaudière.

L'idée, qui appartient à M. Petiet, d'utiliser le calorique perdu à la sortie de la boîte à fumée, est très-heureuse; elle indique la tendance qui se manifeste aujourd'hui de modifier les générateurs des machines locomotives.

L'alimentation de la chaudière se fait au moyen de deux pompes.

Deux régulateurs sont placés à l'avant et à la partie supérieure du sécheur.

L'échappement des quatre cylindres est fixe et amené, par un seul tube, à la naissance de la cheminée horizontale.

Les essieux extrêmes ayant un jeu de plusieurs millimètres dans leurs coussinets de boîtes à graisse, et les bielles étant articulées au moyen de l'assemblage sphérique, la machine peut franchir des courbes de petit rayon.

La charge est répartie sur douze points d'appui; et, afin d'assurer une répartition constamment régulière, les ressorts de suspension d'un même groupe sont équilibrés par des balanciers.

Indépendamment des difficultés de relevage que présente la machine Petiet en cas de déraillement, on dit qu'elle est d'un entretien coûteux et d'un service limité avant de rentrer aux ateliers de réparation. On lui reproche aussi d'amener une prompte usure des rails et de désorganiser la voie, surtout aux endroits où celle-ci n'est pas parfaitement bourrée et de niveau, à cause de son grand nombre d'axes et de leur faible écartement. La Compagnie du chemin de fer du Nord est seule à même de répondre à ces objections.

La machine ne porte pas d'abri pour le mécanicien, qui est protégé en partie par la cheminée horizontale. Sa construction est très-soignée et fait honneur aux établissements de *MM. Ernest Gouin et Cie*.

Voici, d'après M. Brüll (1), les conditions d'établissement des machines à douze roues couplées en service au chemin de fer du Nord :

Longueur de la grille.	$1^{m},850$
Largeur "	$1^{m},800$
Surface "	$3^{mq},33$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille, à l'avant.	$1^{m},320$
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille, à l'arrière.	$1^{m},072$

(1) On lira avec intérêt, dans les mémoires de la Société des ingénieurs civils de France, un travail de M. Brüll, sur les machines à douze roues couplées du chemin de fer du Nord.

Diamètre intérieur de la chaudière.		$1^{m},450$
Nombre des tubes		464
Longueur des tubes. . . .		$3^{m},500$
Diamètre extérieur des tubes . .		$0^{m},040$
Épaisseur des tubes. . . .		$0^{m},0015$
Section de passage de la fumée dans les tubes		$0^{mq},4988$
Surface de chauffe du foyer. . .		$10^{mq},90$
— — des tubes . .		$189^{mq},00$
— — du sécheur. .		$22^{mq},00$
— — totale. . .		$221^{mq},90$
Tension de la vapeur. . . .		9 atmosphères.
Diamètre des cylindres . . .		$0^{m},440$
Course des pistons. . . .		$0^{m},440$
Diamètre des roues. . . .		$1^{m},065$
Contenance de la soute à eau . .		8,000 kilog.
Approvisionnement de combustible.		2,200 —
Poids de la machine pleine. . .		59,700 —
— — vide. . .		44,500 —
Répartition du poids sur les rails avec approvisionnements complets	1er essieu avant.	9,200 —
	2e —	9,200 —
	3e —	9,200 —
	4e —	10,700 —
	5e —	10,700 —
	6e —	10,700 —

XXIV

L'usine de Graffenstaden, mise hors concours (le Président de son conseil d'administration étant membre du jury), a exposé une fort belle locomotive à voyageurs pour les chemins de fer badois.

Cette machine est une des mieux construites de l'Exposition : type très-ramassé, matières excellentes et ajustage d'une grande perfection.

Elle est à deux essieux et à roues couplées, suivie de son tender qui a quatre roues. Son aspect rappelle celui des machines allemandes à bâti extérieur.

Les cylindres sont extérieurs et horizontaux. Le châssis est aussi extérieur. Le mouvement de distribution se trouve placé entre les roues. Les boîtes à graisse sont intérieures. Les ressorts sont réglables au moyen d'écrous. Les manivelles appartiennent au système Hall. Les essieux sont en acier de Krupp.

La chaudière est faite en tôles d'acier qui ont onze millimètres d'épaisseur ; elle est timbrée à dix atmosphères, et elle porte, sur le dôme, près de la cheminée, deux soupapes à balance.

Le relevage des coulisses de distribution se fait au moyen d'un appareil à craus.

Une particularité à remarquer dans la machine de Graffenstaden, c'est la forme, se rapprochant d'un I, qu'affectent les longerons qui sont découpés dans des tables.

La surface de chauffe totale est de 91 mètres carrés 0,25. La machine pèse, à vide, vingt-trois tonnes, et chargée, vingt-six tonnes, réparties également sur chaque essieu, qui supporte ainsi treize tonnes.

Cet excès de charge doit être condamné, à moins qu'il ne soit commandé par des circonstances tout à fait spéciales. Une charge de treize tonnes par essieu ne se justifie que dans les machines à un seul essieu moteur, ou bien dans les systèmes à roues couplées, lorsqu'on atteint la limite extrême du nombre d'essieux à placer sous la machine.

La plate-forme porte un abri très-grand pour le mécanicien.

Le tender est à quatre roues. Les deux soutes à eau sont disposées latéralement, et l'espace intérieur réservé entre elles sert à placer le combustible. Les longerons du tender sont decoupés comme ceux de la machine elle-même.

Le poids contenu dans les soutes à eau est de 5,600 kilog.; le poids du combustible est de 2,000 kilog.

Les roues du tender ont un diamètre de $1^{m},068$, et l'écartement des essieux extrêmes est de $2^{m},700$.

Le poids du tender, vide avec agrès, est de 8,000 kilog.; son poids plein est de 15,600 kilog., répartis également sur chaque essieu.

Voici les conditions d'établissement de la machine de Graffenstaden :

VAPORISATION.

Longueur de la grille	$1^{m},027$
Largeur »	$1^{m},130$
Surface »	$1^{mq},605$

Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille	1^{m},280
Volume de la boîte à feu . . .	1^{m},4754
Nombre de tubes.	171
Longueur des tubes entre les plaques.	3^{m},595
Diamètre intérieur des tubes . .	0^{m},043
Épaisseur des tubes	0^{m},0025
Surface de chauffe des tubes . .	85^{mq}.
Surface de chauffe du foyer. . .	5^{mq},825
Surface de chauffe totale	91^{mq},025
Diamètre moyen du corps cylindrique.	1^{m},280
Épaisseur de la tôle du - .	0^{m},011
Timbre de la chaudière	10 atmosphères.
Volume d'eau contenu dans la chaudière, avec 0^{m},10 au-dessus du ciel du foyer.	3m³.
Volume de vapeur - - .	1^{m3},250
Longueur intérieure de la boîte à fumée	0^{m}900
Longueur transversale - -	1^{m},280
Diamètre intérieur de la cheminée .	0^{m},430

MÉCANISME.

Diamètre des cylindres	0^{m},436
Course des pistons	0^{m},610
Nombre d'essieux	2
Nombre d'essieux accouplés. . .	2
Écartement des roues extrêmes . .	2^{m},600
Diamètre des roues motrices et accouplées	1^{m},676

PUISSANCE.

Poids total de la locomotive chargée .	26 tonnes.	
1er essieu. .	13	
2e essieu. .	13 -	
Poids total de la locomotive vide .	23 -	
Puissance de traction (en prenant les 0,65 de la pression effective) . .		4,176
Adhérence		4,000

AMÉRIQUE.

XXV

Les États-Unis étaient représentés à l'Exposition du Champ de Mars par une locomotive puissante munie de son tender, et destinée à un service mixte. M. *Grant de New-Jersey*, qui l'a construite et qui a obtenu la médaille d'or, n'a rien négligé pour améliorer son aspect, qui contraste si vivement avec celui des locomotives européennes.

Elle a huit roues en fonte dont les rayons sont creux : les quatre petites roues d'avant sont libres et disposées en bogie; les quatre grandes roues d'arrière sont couplées et portent des bandages en acier fondu : leurs ressorts sont équilibrés au moyen de balanciers. (Pl. 31.)

Les cylindres sont extérieurs et horizontaux. Les mécanismes de transmission et de distribution sont extérieurs. Les tiroirs, en fonte et horizontaux, se trouvent placés au-dessus des cylindres, et ils sont mis en mouvement au moyen d'un système d'arbres et de leviers. Des rouleaux, destinés à combattre le frottement, courent sur une plaque d'acier vissée au siége et percée pour le passage des lumières.

Le châssis est simple, léger et intérieur aux roues; il se compose de deux longerons réunis par des traverses.

L'appareil de transmission de mouvement est léger. Les bielles sont très-longues; les glissières sont en acier et les coulisseaux, en fonte.

Le foyer est très-élevé et la chaudière est capable de produire une grande quantité de vapeur. Une partie inclinée raccorde la boîte à feu au corps cylindrique. Les barres du foyer sont creuses et font partie de la surface de chauffe. On affirme qu'elles se comportent très-bien avec le charbon américain. Cette nécessité de disposer d'une grande production de vapeur trouve son explication dans l'état imparfait et instable des voies américaines, qui offrent infiniment plus de résistance à vaincre que les voies du continent. Les tubes de la chaudière sont en cuivre, avec viroles en fer aux bouts. L'alimentation du générateur se fait par des pompes à grande course qui reçoivent, au moyen de tringles fixées à la glissière, le mouvement des pistons, et la prise de vapeur a lieu en même temps sous deux dômes, l'un placé au-dessus du foyer, l'autre au milieu du corps cylindrique.

Les cylindres sont en cuivre jaune; ils sont placés entre les essieux du train-bogie, ce qui est une bonne position pour la stabilité. L'enveloppe de la chaudière, ainsi que la cheminée, sont en maillechort poli.

Au-dessus de la porte du foyer sont fixés une horloge et quatre robinets, pour lubrifier les cylindres : deux de ces robinets admettent l'huile dans les lubrificateurs, et les deux autres donnent passage à des jets de vapeur qui poussent l'huile dans les cylindres.

A l'avant de la machine se trouve une énorme lampe, alimentée à l'huile et munie de puissants réflecteurs paraboliques, plaqués en argent, qui projettent la lumière à une distance de plus de trois kilomètres. Cette

lampe sert moins à indiquer l'arrivée du train qu'à permettre au mécanicien de découvrir de loin tout obstacle qui pourrait se trouver sur les rails, précaution très-nécessaire sur les chemins de fer non clôturés d'Amérique.

Une grande cloche, mise en mouvement avant d'arriver aux passages à niveau, est suspendue au-dessus de la chaudière, et la corde qui sert à la faire mouvoir est sous la main du mécanicien.

La boîte à sable, en forme de dôme, surmonte la chaudière et est manœuvrée par un levier à main.

La machine est munie d'un manomètre Bourdon et de trois robinets d'épreuve.

La cheminée est pourvue d'un rejette-étincelles.

L'équilibre de la machine est obtenu à l'aide de contre-poids convenablement calculés; sept et demi tonnes pèsent sur l'avant-train mobile, et vingt tonnes, réparties également, sur les quatre roues couplées.

Cette répartition du poids nous amène à parler des roues en fonte, que nous considérons comme la particularité la plus saillante de la locomotive américaine.

Les excellents résultats fournis par les roues en fonte reçoivent aujourd'hui leur consécration des essais qui en ont été faits en Allemagne. Il y a vraiment lieu de s'étonner de voir encore proscrire ce système en France et en Belgique. La tiédeur de nos Compagnies de chemins de fer se justifie-t-elle? Assurément non. Il n'est plus douteux que les roues américaines font, presque sans usure, des parcours (plus de cent et trente mille kilomètres, par exemple) qui ne peuvent être comparés aux parcours effectués par les roues en usage sur le continent. La question de prix est-elle un obstacle? Nous

répondrons encore négativement, car nous sommes, surtout en Belgique, dans un pays admirablement placé pour la production des matières nécessaires à leur fabrication.

Les roues motrices de la machine exposée ont un diamètre de un mètre 70 centimètres; elles pèsent, non compris le bandage et les contrepoids, cinq cent et vingt kilog. Les contrepoids pèsent cent et vingt kilog., et les bandages, dont l'épaisseur est de soixante-trois millimètres, ont un poids qui atteint trois cent soixante-dix kilog.

Quant aux roues de support, qui sont entièrement en fonte, elles ont un diamètre de soixante-seize centimètres, diamètre très-petit, si l'on considère qu'elles roulent parfois à des vitesses qui dépassent soixante-douze kilomètres à l'heure. Voilà des roues d'un diamètre de soixante-seize centimètres qui font plus de cinq cent cinquante-cinq tours par minute et qui résistent parfaitement! N'est-ce pas là un argument d'une grande puissance en leur faveur? Il est vrai qu'il faut tenir compte de l'exiguité de la charge qui pèse sur elles, charge qui, en Amérique, dépasse rarement deux tonnes et un quart par roue de support; car, dans le fait, le train-mobile n'est qu'un appareil de compensation qui reçoit la charge en son centre et qui la transmet ensuite, par l'intermédiaire de fortes barres transversales, au milieu des ressorts, dont deux seulement suffisent pour quatre roues. La petitesse du diamètre des roues explique d'ailleurs la légèreté des organes servant à la transmission.

Les chemins de fer canadiens rejettent, d'une manière générale, les roues en fer forgé, qui, au point de vue de la résistance, se sont très-mal comportées dans les essais

auxquels elles ont été soumises, surtout dans les temps de fortes gelées. Aussi, les ingénieurs américains s'empressent-ils de remplacer le peu de roues de ce système encore actuellement en usage par des roues en fonte.

Une guérite élégante, où il ne manque ni festons, ni dorures, est en arrière de la boîte à feu. Les fenêtres, ménagées sur le côté et à l'avant, sont fermées par des châssis mobiles à vitres. Des siéges garnis de coussins sont disposés à l'intérieur pour le mécanicien et le chauffeur. Un timbre établi dans la guérite, au-dessus de la tête du mécanicien, est mis en mouvement par un marteau, lequel est manœuvré à son tour par une corde, qui aboutit à chaque wagon du train et qui se trouve ainsi à la disposition des voyageurs.

Devant le châssis-bogie se trouve un chasse-pierre servant à écarter le bétail et à rejeter tout obstacle sur l'un ou sur l'autre côté de la voie.

Le tender est très-grand et en même temps très-élégant; il est porté sur huit roues en fonte composant deux trains-bogies. La charge est répartie également sur ces deux groupes articulés; elle est de neuf tonnes, quand le tender est vide, et de dix-huit tonnes, quand il est chargé.

Le bogie d'arrière porte un frein puissant.

Le tender est mis en communication avec les pompes par des tuyaux flexibles en toile enduite de caoutchouc et contenant un ressort en spirale.

Voici les principales dimensions de la machine et de son tender :

Diamètre des cylindres	0^m,405
Course des pistons	0^m,560

Longueur de la grille . . .	$1^m,67$
Largeur »	$0^m,85$
Hauteur »	$1^m,40$
Surface de la grille	$1^{mq},44$
Nombre de tubes	142
Diamètre extérieur de tubes . .	$0^m,051$
Longueur de tubes	$3^m,33$
Épaisseur du corps cylindrique . .	$8\ ^m/_m$.
Pression de la vapeur . . .	9 atmosphères.
Surface de chauffe du foyer . .	7^{mq}.
» » des tubes . .	74^{mq}.
» » totale . . .	81^{mq}.
Diamètre des roues d'avant . .	$0^m,76$
» des roues couplées . .	$1^m,70$
Distance entre les roues motrices .	$2^m,56$
Distance entre les roues du train-bogie	$1^m,75$
Diamètre des huit roues du tender .	$0^m,76$

L'examen des locomotives auxquelles le jury a décerné la médaille d'or est terminé. En suivant le même ordre, nous allons maintenant passer en revue les autres locomotives que le jury a récompensées, soit par la médaille d'argent ou de bronze, soit par la mention honorable. Nous examinerons aussi quelques types de machines exposés seulement en dessins et qui n'ont pas attiré spécialement l'attention du jury.

BELGIQUE

XXVI

M. Carels, constructeur, à Gand, a exposé une locomotive de gare, destinée au chemin de fer de l'État belge et construite d'après les plans de M. Belpaire, ingénieur en chef.

Cette machine, qui est représentée en élévation par la planche 32, porte son combustible et son eau. Elle est à six roues accouplées et à cylindres intérieurs et inclinés. — La distribution est intérieure et du système Walschaerts. Le châssis est extérieur, avec longeron intérieur pour l'essieu coudé.

Les soutes à eau sont placées aux deux côtés latéraux de la chaudière, et les soutes à charbon sont derrière le foyer.

La chaudière est à foyer carré du système Belpaire; elle consomme, en dix heures de travail, six cents kilog. de charbon menu, et elle est munie à l'avant d'un dôme de prise de vapeur. Son alimentation se fait au moyen de deux injecteurs giffards. — La détente est variable, suivant le système belge.

La machine, à vide, pèse vingt-quatre tonnes, réparties comme suit :

Roues d'avant	7,800 kilog.
— motrices.	8,400 »
— d'arrière.	7,800 »

En ordre de marche, elle pèse 26,598 kilog., distribués de la manière suivante :

Roues d'avant.	8,566 kilog.
— motrices	9,466 »
— d'arrière.	8,566 »

Il y a lieu de remarquer la position de l'essieu d'arrière qui se trouve sous le foyer.

Le relevage des coulisses se fait par un appareil à crans. Les ressorts sont réglés par des écrous.

La machine porte un frein en acier fondu, agissant par pression sur les rails, entre les quatre roues d'arrière.

Le régulateur est équilibré par un tiroir additionnel, permettant l'entrée de la vapeur dans le tuyau avant la mise en mouvement du grand tiroir.

Les roues sont en fer battu, et les boîtes à graisse en fonte. — Les essieux et les bandages sont en acier fondu Bessemer.

Les pistons sont d'une seule pièce, en acier fondu. Les pièces d'ajustement sont en fer N° 4 extra, trempé en paquets. Les pivots, en acier fondu, sont trempés dans l'huile.— Les joints sont faits, non avec du mastic, mais au moyen de fil de cuivre recuit.

Cette machine, parfaitement appropriée à sa destination, est surtout remarquable par la répartition de la charge.

Le constructeur, M. Carels, a obtenu la médaille de bronze.

Voici les conditions d'établissement de la machine de M. Belpaire :

Diamètre des cylindres . . .	$0^{m},380$
Course des pistons.	$0^{m},460$
Longueur extérieure de la boîte à feu	$1^{m},610$
Largeur extérieure de la boîte à feu.	$1^{m},260$
Diamètre du corps cylindrique. .	$1^{m},140$-$1^{m},120$
Longueur totale de la chaudière, boîte à fumée comprise . . .	$4^{m},830$
Épaisseur de la tôle du corps cylindrique.	$0^{m},010$
Épaisseur de la tôle à la boîte à feu.	$0^{m},012$
» à la plaque tubulaire	$0^{m},025$
Nombre des tubes. . . .	168
Longueur des tubes entre les plaques.	$2^{m},700$
Diamètre intérieur des tubes. .	$0^{m},040$
Surface de chauffe des tubes. .	$65^{mq},14$
» du foyer . .	$6^{mq},02$
» totale. . .	$71^{mq},16$
Diamètre des six roues accouplées.	$1^{m},200$
Distance de la roue motrice à la roue d'arrière	$1^{m},500$
Distance de la roue motrice à la roue d'avant	$1^{m},600$
Écartement total	$3^{m},100$
Distance entre les bandages . .	$1^{m},355$
» d'axe en axe des longerons.	$1^{m},904$
» » des cylindres .	$0^{m},500$

Distance d'axe en axe des tringles des tiroirs.	1^{m},090
Distance d'axe en axe des bielles de connexion.	2^{m},448
Course du tiroir	0^{m},100
Avance à l'introduction. . .	0^{m},004
Recouvrement extérieur. . .	0^{m},020
» intérieur . . .	0^{m},000
Avance à l'échappement. . .	0^{m},024
Angle de calage des excentriques .	0^{m},014
Course des excentriques. . .	0^{m},148
Longueur des barres d'excentriques.	0^{m},600
Diamètre des tuyaux d'arrivée de vapeur	0^{m},090
Diamètre des tuyaux d'arrivée d'échappement.	0^{m},100
Section des orifices d'entrée de vapeur	0^{m},0069
Section des orifices d'entrée d'échappement	0^{m},0130
Longueur de l'essieu moteur. .	2^{m},340
Diamètre au calage de la roue. .	0^{m},105
» » de la fusée. .	0^{m},125
Longueur » » .	0^{m},200
Diamètre au calage des excentriques.	0^{m},170
Longueur au calage des excentriques.	0^{m},180
Diamètre au corps de l'essieu. .	0^{m},150
Distance entre les collets. . .	1^{m},680
» les moyeux . .	1^{m},355

Longueur de la fusée . . .	$0^m,200$
Diamètre au corps des essieux droits.	$0^m,140$
Diamètre du jet des giffards. .	$0^m,011$
Longueur de la bielle motrice. .	$1^m,340$
Diamètre du tourillon de la bielle motrice	$0^m,150$
Longueur de la bielle de connexion d'avant	$1^m,600$
Longueur de la bielle de connexion d'arrière	$1^m,500$
Diamètre des tourillons de la bielle de connexion	$0^m,080$
Rayon des manivelles d'accouplement.	$0^m,200$

XXVII

L'annexe belge devait aussi recevoir une belle locomotive à tender-moteur, construite par *le chemin de fer du Grand-Central*, dans ses ateliers de Louvain, et dont les dessins seulement figurent à l'Exposition du Champ de Mars.

A raison de l'intérêt que présente actuellement ce type de machine, suite naturelle des systèmes Verpilleux et Sturrock que nous avons décrits en parlant de l'exposition des chemins de fer français du réseau de l'Est, nous représentons à la planche 33 la machine à tender-moteur du Grand-Central, construite d'après les plans de M. Maurice Urban, ingénieur en chef-directeur.

La locomotive du Grand-Central est destinée à remorquer, sur la section de Lodelinsart à Givet, des trains de deux cent quarante-six tonnes, non compris le poids du moteur, sur une rampe de dix-huit millimètres et à la vitesse de vingt kilomètres à l'heure, l'écartement de ses essieux extrêmes lui permettant de franchir des courbes de cinq cents mètres de rayon.

La machine et le tender ont chacun six roues accouplées d'un même diamètre et se caractérisent par des cylindres et des châssis intérieurs, des mouvements de transmission et de distribution aussi intérieurs, avec manivelles d'accouplement rapportées aux bouts des essieux.

Les rampes à gravir par la machine du Grand-Central étant très-longues, et l'effort à produire par elle devant être continu, il a fallu demander aux dimensions du générateur une surface de chauffe capable d'assurer le fonctionnement régulier des quatre cylindres. Aussi la chaudière est-elle puissante et munie d'un réservoir cylindrique et spécial à vapeur, réservoir qui a permis de porter les tubes au nombre considérable de trois cent soixante-sept, et de leur donner une longueur de trois mètres cinquante centimètres entre les plaques. Comme conséquence de ce qui précède, il y a lieu de remarquer la surface de chauffe totale, qui est d'environ cent quatre-vingts mètres carrés pour trente-six tonnes, représentant le poids de la machine en ordre de marche (1).

Il est d'autres caractères qui appartiennent à la machine que nous décrivons : double prise de vapeur, mise en évidence par la planche 33 ; admission de la vapeur au tender, au moyen d'un tube articulé avec bagues élastiques dans un entonnoir ; vapeur émise des cylindres auxiliaires utilisée à volonté au réchauffage de l'eau du tender ou lancée directement dans l'atmosphère.

Le foyer, dont le ciel est attaché au moyen d'entretoises, au lieu d'armatures, est du système Belpaire et destiné à brûler des charbons menus, passés au crible de quatre centimètres; sa grille, longue et inclinée, est munie d'un jette-feu, à barreaux disposés dans le sens transversal. La porte du foyer est à deux battants, ce qui permet de bien travailler le feu sur les côtés latéraux.

(1) Nous recommandons la lecture d'un excellent mémoire de M. Jules Morandière sur les chemins de fer anglais, publié par la société des ingénieurs civils de France, en 1866. On y trouvera la comparaison de divers types de machines puissantes.

Notons la position particulière de l'essieu d'arrière qui passe sous la boite à feu.

Les ressorts de la machine à tender-moteur sont tous disposés au-dessous des essieux : ceux des quatre essieux extrêmes sont pourvus de balanciers compensateurs; les autres sont réglés par des écrous.

Les longerons de la machine, de même que ceux du tender, sont découpés dans des tables.

Un point important des locomotives à tender-moteur, et qui a été bien compris dans le cas qui nous occupe, c'est la simplicité à donner aux mécanismes, de façon à ramener, dans les limites du possible, les conditions de conduite et de surveillance de ces engins de traction aux conditions des machines ordinaires. Citons, en effet, dans la machine du Grand-Central, la disposition « self acting » très-simple de la distribution de vapeur, qui est faite par deux excentriques à tocs, le sens de la marche étant donné par la locomotive.

L'eau du tender qui sert à l'alimentation pouvant être chaude ou froide, suivant que la décharge de la vapeur des cylindres auxiliaires est utilisée ou lancée dans l'atmosphère, la chaudière est pourvue d'un injecteur giffard qui est employé dans le cas de l'eau froide, et d'un alimentateur-Deprez et Hendrickx, mis en usage dans le cas de l'eau chaude. L'alimentateur est formé d'un petit cylindre à vapeur qui meut une pompe à glissière munie d'un robinet régulateur assurant le fonctionnement continu de l'appareil. Comme on le voit, les soupapes sont supprimées, et cette suppression permet d'aspirer de l'eau qui possède une haute température.

La machine ne porte pas d'abri pour le mécanicien.

Voici ses principales conditions d'établissement :

Diamètre des cylindres	$0^{m},460$
Course des pistons	$0^{m},600$
Timbre de la chaudière . . .	9 atmosphères.
Diamètre des roues au contact . .	$1^{m},22$
Longueur de la grille. . . .	$2^{m},232$
Largeur	$1^{m},058$
Surface	$2^{mq},362$
Nombre des tubes	367
Diamètre extérieur	$0^{m},044$
Épaisseur des tubes	$0^{m},002$
Longueur des tubes . , . . .	$3^{m},500$
Surface de chauffe des tubes . .	$169^{mq},50$
» » du foyer. . .	$9^{mq},70$
» » totale . . .	$179^{mq},20$
Volume de la chaudière avec réservoir de vapeur	6,447 litres.
Volume d'eau	3,912 »
» de vapeur	2,535 »
Poids de la machine en ordre de marche.	35,800 kilog.

TENDER-MOTEUR.

Diamètre des cylindres	$0^{m},350$
Course des pistons	$0^{m},400$
Diamètre des roues au contact . .	$1^{m},220$
Écartement extrême des essieux . .	$3^{m},20$
Capacité de la caisse à eau . . .	8,100
Poids du combustible	4,000 k.
Poids du tender à vide	14,800 k.
» » en ordre de marche .	26,900 k.

Poids total de la locomotive et du tender	62,700 k.
L'effort théorique à la jante donné par la formule $\frac{P\ d^2\ l}{D}$	11,919 k.
Effort de traction (60 %) . . .	7,151 k.

PRUSSE.

XXVIII

M. *Richard Hartmann, constructeur, à Chemnitz* (Saxe), a envoyé à l'Exposition de Paris, sous le n° 273, une bonne locomotive-express, qui a fait, durant plusieurs mois, le service des trains de voyageurs sur le chemin de fer Grand-Ducal, Frédéric-François de Mecklembourg.

Cette machine est représentée en élévation sur la planche 34. Deux coupes, faites suivant les lignes AB et CD, sont indiquées par la planche 35.

La locomotive saxonne se caractérise par six roues, dont les quatre d'arrière sont couplées, des cylindres extérieurs et un châssis intérieur. Le mouvement de distribution est placé entre les roues. Il y a lieu de remarquer la position des roues d'arrière placées en arrière du foyer. Les ressorts des roues couplées sont équilibrés par des balanciers. — La plaque-tubulaire de la boîte à fumée, les essieux, les bandages sont en acier fondu. La cheminée est en fonte.

L'appareil à changement de marche est manœuvré, à volonté, par une vis ou par un levier à bras.

La surface de chauffe totale est de quatre-vingt cinq mètres carrés. — Le poids de la machine, à vide, est de

trente tonnes, et, en ordre de marche, de trente-trois mille kilogrammes, répartis également sur les trois essieux.

La planche 34 montre la disposition particulière des soupapes de sûreté.

La machine est pourvue d'un abri très-grand et très-élégant pour le mécanicien. — Elle a obtenu la médaille d'argent.

Voici ses dimensions principales :

Diamètre des cylindres . . .	$0^{m},407$
Course des pistons. . . .	$0^{m},560$
Longueur du foyer. . . .	$1^{m},37$
Largeur "	$0^{m},99$
Hauteur "	$1^{m},58$
Nombre des tubes. . . .	193
Diamètre extérieur des tubes. .	$0^{m},040$
Longueur des tubes. . . .	$3^{m},16$
Surface de chauffe de la grille. .	$1^{mq},38$
" du foyer . .	$8^{mq},50$
" des tubes . .	$76^{mq},50$
Diamètre des roues d'avant . .	$1^{m},03$
" " accouplées. .	$1^{m},83$
Entr'axes des roues. . .	$4^{m},395$
Pression de la vapeur . . .	9 atmosphères.

GRAND-DUCHÉ DE BADE.

XXIX

Les *ateliers de Carlsruhe* ont obtenu la médaille d'argent, pour la belle et bonne locomotive à marchandises qu'ils ont exposée et qui fait partie d'une série de machines commandées par les chemins de fer de l'Etat badois.

Les machines de ce type remorquent, sur les chemins de fer badois, de lourds trains de marchandises, tant sur la ligne principale que sur les lignes secondaires à fortes rampes. On affirme que, au point de vue de l'économie du combustible, elles donnent de très-bons résultats.

La planche 36 représente en élévation, avec de nombreuses côtes, la locomotive de Carlsruhe; deux coupes, faites suivant les lignes AB et CD, sont montrées en la planche 37.

Elle est à six roues accouplées, d'un diamètre de $1^{m},20$. Ses cylindres sont extérieurs et horizontaux. Le châssis est droit et extérieur et le mécanisme de distribution est intérieur.

Signalons la position du dôme, qui est à l'avant, et l'épaisseur des tôles du corps cylindrique, qui est de quinze millimètres pour neuf atmosphères de pression.

Les tubes sont en fer; les bandages, essieux, ressorts,

tiges de piston, boutons de manivelle, bielles motrices et d'accouplement, sont en acier fondu. Notons aussi les entretoises du foyer, dont le trou est de quatre millimètres.

Le volume de vapeur contenu dans la chaudière est de quatre mètres cubes 6, et le volume d'eau de un mètre cube 47.

Les tubes sont au nombre de deux cent et trois : cent quatre-vingt-dix ont quarante millimètres de diamètre intérieur, et les treize autres n'ont que quarante-deux millimètres.

La surface de chauffe totale est de 128 mètres carrés 2. Le poids de la machine vide est de 30,400 kilog., et, en ordre de marche, de 35,000 kilog., répartis comme suit :

Essieu d'avant.	11,600 kilog.
— du milieu.	11,700 »
— d'arrière.	11,700 »

La machine porte une guérite très-grande et très-confortable pour le mécanicien.

Voici ses principales conditions d'établissement :

Longueur de la grille	1^{m},300
Largeur »	1^{m},004
Surface »	1^{mq},305
Hauteur du ciel du foyer au-dessus de la grille.	1^{m},390
Volume de la boîte à feu (partie au-dessus de la grille)	1^{m3},814
Nombre des tubes. . . .	203
Épaisseur »	0^{m},0025

Surface de chauffe des tubes . .	120^{mq},60
» du foyer . .	7^{mq},60
Diamètre moyen du corps cylindrique.	1^{m},380
Longueur intérieure de la boîte à fumée.	0^{m},950
Longueur transversale de la boîte à fumée.	1^{m},380
Diamètre intérieur de la cheminée.	0^{m},450
Diamètre des cylindres . . .	0^{m},457
Course des pistons. . . .	0^{m},635
Nombre d'essieux	3
» d'essieux accouplés . .	3
Écartement des roues extrêmes. .	3^{m},450
Puissance de traction (en prenant les 0.65 de la pression effective). .	5,834
Adhérence au $\frac{1}{6}$.	

ITALIE.

XXX

A l'Exposition de Londres, en 1862, *M. Agudio*, ingénieur, ancien député au Parlement italien, obtenait la médaille pour un système, déjà connu alors, de traction funiculaire, destiné à desservir des plans inclinés de vingt-cinq et de trente-cinq millimètres de pente et d'une longueur de six et huit kilomètres, avec une vitesse de vingt-cinq kilomètres à l'heure.

Le locomoteur-funiculaire du chevalier Agudio était basé sur le principe de *la mouffle à double effet*, l'adhérence étant obtenue au moyen d'un câble toueur.

En la même année de 1862, le jury industriel de l'Exposition de Florence, dans un rapport bien motivé, proclama que le système Agudio résolvait le problème difficile de la locomotion économique sur les chemins de fer tracés dans les montagnes avec de fortes rampes. Les conclusions de ce rapport furent partagées par tous les hommes du métier. Des expériences en grand furent faites en Italie. Elles eurent lieu sur le plan incliné curviligne de Dusino, près de Turin, et elles donnèrent des résultats inespérés, qui furent déclarés remarquables par toutes les commissions techniques françaises, anglaises et autres, chargées,

au nom de leurs gouvernements respectifs, d'apprécier la valeur de l'invention de l'ingénieur italien.

Avant de parler de ces expériences intéressantes, disons que le locomoteur funiculaire Agudio, dont les plans seulement ont été soumis, en 1867, au jury de Paris, est modifié : le système est toujours basé sur le même principe de la mouffle à double effet, mais on a substitué au câble toueur l'adhérence due au poids de la machine et à la pression artificielle de trois couples de roues horizontales agissant sur un rail central, comme dans la locomotive de Fell.

Dans le système Agudio, le générateur de la force est remplacé par deux couples de poulies très-légères, d'un diamètre d'un mètre quarante centimètres, auxquelles on a appliqué des pignons dentés faisant corps avec elles. Ces poulies reçoivent le mouvement d'un câble sans fin en acier, placé le long de la voie, et marchant à grande vitesse. Ce câble est supporté par de petites poulies sans friction adoptées à Dusino, et son mouvement est très-doux, tant sur les lignes droites que sur les lignes courbes. Les petites poulies sont combinées d'après le système de suspension d'*Atwood;* elles sont légères, d'un graissage facile et d'un entretien peu dispendieux. Au haut de la rampe est fixé un puissant moteur qui tire le brin ascendant du câble, en même temps que le brin descendant est tiré par un autre moteur placé au bas du plan incliné. Sous l'action de ces deux moteurs, le câble, marchant à une vitesse de dix-huit mètres par seconde, peut exercer, sur chaque couple de poulies, un effort de traction de deux mille kilogrammes. Aussi, ces deux couples de poulies constituent-ils le récepteur d'une force considérable. En établissant une liaison entre les couples

de poulies et l'appareil adhérent du locomoteur, cette force pourra être utilisée presque intégralement, pour la traction des trains. Comme on le voit, M. Agudio a créé son locomoteur si remarquable, en empruntant au système Hirn, qui a obtenu le grand prix, son mode de transmission du travail mécanique à de grandes distances, au moyen de câbles télodynamiques marchant à de grandes vitesses, et au système Fell, son mode d'adhérence partielle.

Un point important du système qui nous occupe, c'est que les résistances passives engendrées par le mouvement du câble sont presque nulles : le câble est pour ainsi dire immobile et on peut lui donner les dimensions qu'exige une sécurité complète, sans craindre d'accroître les résistances passives. C'est en cela surtout que le locomoteur Agudio, auquel le jury a décerné la médaille d'argent, est supérieur aux anciennes machines fixes à traction directe. Et il doit en être ainsi, car le mode de suspension du câble moteur, en facilitant la rotation des poulies-supports, diminue le travail absorbé par les résistances passives, et le câble a sa tension longitudinale réduite au sixième ou au huitième, par le double motif du travail simultané du brin ascendant et du brin descendant et de la vitesse différentielle dont il est animé, *vitesse trois ou quatre fois plus grande* que celle de la marche du locomoteur, celui-ci agissant comme dans *la mouffle à double effet*. C'est à la faveur de cette faible tension longitudinale que le câble peut passer facilement dans les courbes.

L'expérience de Dusino a prouvé que le locomoteur peut être rendu indépendant des machines fixes et se manœuvrer, au moyen d'embrayages appliqués aux

poulies, aussi facilement qu'une locomotive. Cette faculté du locomoteur de s'isoler des machines fixes est précieuse, car elle permet, quand et aussi longtemps qu'on le désire, de démarrer le convoi sur les pentes rapides et de passer dans des courbes restreintes.

Une disposition a été prise afin de rendre impossible la rupture du câble ; elle est appelée *modérateur de la tension du câble*. Elle limite l'effort maximum auquel le câble est assujetti, quelle que soit la puissance des moteurs fixes à la montée, ou l'intensité de la traction du locomoteur sur le câble, dans le cas de la mise en action des embrayages pour retenir le train à la descente.

Le locomoteur dispose de *plusieurs appareils de freins*. L'un est très-puissant et se compose de deux machoires en acier qui serrent le rail central sous l'action d'une manivelle placée à portée du conducteur du train.

En second lieu, les deux embrayages travaillant par friction, d'après un système analogue à celui de l'embrayage Koëchlin, et agissant à la fois sur les roues porteuses et sur les roues horizontales, peuvent servir à arrêter très-promptement le convoi. Enfin, le matériel fixe et mobile est ménagé à la descente par l'appareil des roues adhérentes à la voie et au rail central, appareil réagissant sur deux pompes à air, en communication avec un réservoir à soupape, comme dans la disposition des pistons à contre-vapeur.

L'expérience de Dusino a été faite sur un plan incliné de deux mille quatre cents mètres de longueur et de vingt-cinq à trente-deux millimètres de pente, presque entièrement en courbes de deux cent cinquante à trois cent cinquante mètres de rayon. Le train remorqué était de cent quarante tonnes. La vitesse variait de

douze à dix-huit kilomètres. Le câble moteur, dont le poids était de 0k,60 par mètre, marchait à la vitesse de quarante kilomètres. Et hâtons-nous de dire que les machines fixes, les transmissions, le locomoteur étaient d'une exécution très-défectueuse, le terrain mauvais, l'état de la voie médiocre. Malgré ces conditions défavorables, les essais de Dusino ont prouvé que le câble, à la très-grande vitesse de quarante kilomètres, ne prend pas d'oscillations sensibles et n'a aucune tendance à sortir de la gorge des poulies de support. Le convoi a été arrêté plusieurs fois sur la rampe et, chaque fois, il est reparti, sans l'aide des machines fixes, par la seule manœuvre du locomoteur. La descente s'est opérée dans les meilleures conditions, la vitesse étant modérée avec une extrême facilité par le frein appliqué aux tambours mêmes du câble.

Le système Agudio est aujourd'hui reconnu très-pratique par tous les ingénieurs qui l'ont étudié; les opinions ne diffèrent que sur les limites de pente et de courbe à partir desquelles le système manifeste véritablement sa supériorité sur les autres modes de traction. Il doit être considéré comme le moyen de traction le plus sûr et le plus économique pour l'exploitation régulière des plans inclinés de six à huit kilomètres de longueur, avec des pentes atteignant au plus dix pour cent et qu'il est bon de limiter à huit pour cent, et des courbes de deux cents à deux cent cinquante mètres de rayon. — Il est superflu de faire ressortir l'impuissance de la locomotive sur de pareilles rampes. Le système Agudio fournit donc une bonne solution pour la construction des chemins de fer au passage des grandes montagnes, où il apporte une économie considérable, tant au point de vue

de la suppression des travaux d'art, qu'au point de vue de la réduction des frais qui viennent grever les exploitations soumises à de pareilles conditions.

Le système Agudio permet aussi d'utiliser des forces hydrauliques considérables, les faisant servir comme moteur à la montée et comme frein à la descente.

Pour ceux qui voudront étudier le système d'une manière complète, nous renvoyons au travail publié, au nom du gouvernement français, par son éminent rapporteur, M. Couche (1).

Voici les conditions d'établissement du locomoteur exposé :

Adhérence totale de la machine.	48 tonnes.
Son effort de traction. . .	8,000 kilog.
Vitesse du câble. . . .	18 mèt. par seconde.
Vitesse de la machine. . .	6 mèt. par seconde.
Force disponible sur la machine.	640 chevaux.

—

Longueur du plan incliné. .	10 kilomètres.
Rampe	10 p. 100.
Traction maximum sur le câble.	2,000 kilog.
Poids du câble en acier, travaillant au 1/6 de l'effort de rupture .	1 k. par mèt. cour.

(1) Lire un rapport très-bien fait de M. l'ingénieur Molinos, à la Société des ingénieurs de France, sur les expériences de Dusino.

ANGLETERRE.

XXXI

La locomotive exposée par la *Compagnie de Lilleshall* (Sheffnal), et qui lui a valu la médaille d'argent, est une des premières sorties de ses ateliers. Elle est destinée aux Indes, où elle doit faire le service des trains de voyageurs, à grande vitesse.

La machine a six roues : au milieu, deux grandes roues motrices, d'un diamètre de 2^m,13; à l'avant et au-delà du foyer, des roues de support, d'un diamètre de 1^m,40. Sa forme générale a beaucoup d'analogie avec celle de la locomotive-express de Stéphenson.

Ses cylindres ont un diamètre de 406 millimètres ; ils sont intérieurs et un peu inclinés. — Les mécanismes de transmission et de distribution sont intérieurs. La coulisse est du système Allan, dont nous avons déjà parlé.

La machine a un châssis double, qui place à l'intérieur les boîtes à graisse des roues motrices, et à l'extérieur, les boîtes des roues de support. La distance entre les roues extrêmes est de 4 mètres 95.

La surface de chauffe totale est de cent mètres carrés, dont quatre-vingt-onze fournis par les tubes et neuf par le foyer.

Le poids de la machine, à vide, est de 27 tonnes, et,

en ordre de marche, de 31 ½ tonnes, réparties comme suit :

Roues d'avant, 10 tonnes ½
" motrices, 12 " ½
" d'arrière, 8 " ½

Les ressorts des roues motrices ont des écrous qui peuvent être serrés à volonté.

Le foyer est muni d'un appareil fumivore semblable à celui que nous avons signalé, en décrivant la machine de M. Kitson. Cet appareil, composé d'une voûte et d'un déflecteur, est de l'ingénieur Ramsbottom.

La chaudière, timbrée à 8 ½ atmosphères, renferme cent et quatre-vingt-six tubes d'une longueur de trois mètres quarante centimètres. Elle est alimentée par deux injecteurs giffard verticaux, et elle porte deux soupapes de sûreté chargées par un même ressort, qui agit sur un levier commun. Ce système de soupape appartient aussi à M. Ramsbottom.

La machine porte un abri complet pour protéger le mécanicien.

XXXII

Trois mentions honorables ont été décernées à l'Angleterre :

1° A MM. *Hughes et Cᵉ, à Loughborough*, qui ont exposé une petite locomotive-tender, à quatre roues couplées, à cylindres extérieurs et inclinés, à mouvement de distri-

bution et châssis entre les roues. L'écartement des roues est de un mètre soixante-quinze centimètres. Le poids de la machine, en ordre de marche, est de onze tonnes et demie.

2° A MM. *Ruston-Proctor et Ce, à Lincoln,* pour leur petite locomotive-tender, destinée à faire le service des entrepreneurs. Elle est à quatre roues couplées, à cylindres extérieurs et inclinés et à distribution intérieure. Elle est pourvue de l'appareil fumivore de Clarck, et les injecteurs, dits *auto-ajusteurs de Sellers,* sont placés directement sur le corps cylindrique. — Bon travail et emploi de l'acier dans plusieurs parties du mécanisme.

3° A M. *Fairlie, à Londres,* qui a exposé plusieurs dessins. Notons sa machine-tender à douze roues et à quatre cylindres extérieurs et inclinés, construite pour la ligne du Southern et Western railway of Queensland, dont le profil est accidenté. Elle se caractérise par deux groupes distincts ou articulés réunis par une cheville ouvrière et embrassant chacun trois essieux parallèles. Au milieu de la machine se trouvent deux foyers qui correspondent aux deux groupes moteurs, lesquels ont chacun un corps cylindrique muni d'une boîte à fumée et d'une cheminée. Admission de la vapeur, dont la décharge est utilisée à activer le tirage des cheminées, au moyen de tuyaux à rotules, pouvant obéir aux inflexions nécessaires. — La longueur totale de la machine est de treize mètres soixante-quinze centimètres, et son poids, en ordre de marche, est de soixante-douze tonnes.

FRANCE.

XXXIII

MM. *Boigues, Rambourg et Ce, à Commentry*, ont exposé une locomotive mixte, à l'usage des chemins de fer secondaires et autres à voie étroite. Elle est très-bien construite et elle a obtenu la médaille d'argent. Elle est à six roues couplées, pour voie de un mètre. Les cylindres, les mécanismes de transmission et de distribution sont extérieurs et inclinés. — Il y a lieu de remarquer la position des deux caisses à eau qui sont aux extrémités, des deux côtés des roues extrêmes, ainsi que celle des ressorts, disposés au-dessous des essieux.

La surface de chauffe totale est de trente sept mètres carrés. Le poids de la machine, à vide, est de quinze tonnes, et, en ordre de marche, de dix neuf tonnes trois quarts, dont la répartition est faite de la manière suivante :

Roues d'avant .	6 1/2	tonnes.
» du milieu.	6 1/2	»
» d'arrière .	6 3/4	»

XXXIV

Une mention honorable a été accordée à *M. Peteau, à Paris,* qui a exposé les dessins d'une machine-tender, à quatre roues, pour travaux de terrassements, services de chantiers et d'usines.

La fig. 1 de la planche 38 montre cette locomotive en élévation extérieure; la fig. 2 de la même planche en donne deux coupes faites suivant les lignes AB et CD.

Les cylindres sont extérieurs et horizontaux. — Châssis et mécanisme de distribution extérieurs. La surface de chauffe totale est de quarante-huit mètres carrés. Le poids de la locomotive, à vide, est de seize tonnes, et, en ordre de marche, de vingt tonnes, distribuées également sur les deux essieux.

Voici ses dimensions principales :

Effort de traction à la circonférence des roues.	2,700 kil.
Diamètre des cylindres . . .	0^m,300
Course des pistons. . . .	0^m,500
Timbre de la chaudière. . .	8 atmosphères.
Longueur extérieure de la boîte à feu	1^m,070
Largeur extérieure de la boîte à feu.	1^m,020
Longueur intérieure du foyer. .	0^m,900
Largeur — — . .	0^m,850

Hauteur intérieure du foyer au-dessus de la grille	$1^{m},080$
Surface de la grille. . . .	$0^{m2},8280$
Longueur des tubes entre les plaques tubulaires.	$3^{m},000$
Diamètre extérieur des tubes. .	$0^{m},050$
Épaisseur des tubes. . . .	$0^{m},002$
Nombre des tubes. . . .	93
Surface de chauffe des tubes. .	$43^{m2},8000$
» du foyer . .	$4^{m2},5000$
Volume de l'eau dans la chaudière.	$1^{m3},400$
» de vapeur » .	$0^{m3},900$
Diamètre du corps cylindrique de la chaudière	$1^{m},000$
Écartement des essieux d'axe en axe.	$2^{m},400$
Longueur totale de la machine de tampons en tampons. . . .	$6^{m},900$
Volume d'eau dans les caisses. .	$2^{m3},000$
» de coke » .	$1^{m3},800$

XXXV

M. *Anjubaut, à Paris,* a obtenu la mention honorable pour son exposition, en dessins, de nombreuses locomotives-tender, servant aux chemins de fer d'intérêt local, aux travaux de terrassement et à l'exploitation des mines. Ce sont des machines à cylindres extérieurs et inclinés, à mécanismes extérieurs, à châssis intérieur, portant leur combustible et leur eau, dans des réservoirs disposés latéralement.

XXXVI

La Section française contient plusieurs locomotives, en dessins, que le jury n'a pas examinées spécialement, mais que nous devons signaler à cause du grand intérêt qu'elles présentent. Les efforts de leurs auteurs convergent vers un même but, celui d'augmenter la puissance des engins moteurs, en permettant à ceux-ci de franchir des rampes rapides et, en même temps, de circuler dans des courbes à petits rayons.

Indiquons d'abord le plan très-étudié d'une locomotive-tender, à douze roues accouplées, à quatre cylindres et à châssis articulé, exposé par M. *Boutmy,* ingénieur du chemin de fer de Paris à Lyon.

Cette machine, dont le châssis est intérieur et les cylindres extérieurs et horizontaux, se caractérise par deux groupes distincts et indépendants, ayant chacun leur mécanisme moteur et embrassant l'un et l'autre trois essieux accouplés. La chaudière est fixée d'une manière invariable au groupe d'avant, dont elle fait partie, tandis qu'elle repose seulement, à l'aide de rotules, sur le groupe d'arrière, qui est, lui, articulé en train-bogie. Le groupe d'avant porte les réservoirs à eau; le groupe d'arrière, les réservoirs à charbon.

Notons aussi le modèle combiné par M. *Boutmy* et exposé par M. *Ed. Gouin* (Marseille) d'une locomotive articulée à dix roues accouplées, avec faux essieux et

bielle évidée, assurant l'égalité des mouvements de rotation de tous les essieux, quel que soit le rayon des courbes parcourues.

En 1862, MM. *Meyer et fils, à Neuilly* (Seine) exposèrent, à Londres, les dessins d'une locomotive articulée d'une grande puissance, offrant principalement des avantages pour les chemins de fer à fortes rampes et à courbes de petits rayons. Ces mêmes ingénieurs ont exposé à Paris une série de dessins, rappelant le système de 1862, mais sensiblement modifié. Les types exhibés par eux sont nombreux et différents, suivant qu'il s'agit de remorquer des trains de marchandises ou des trains de voyageurs : l'un d'eux est en construction dans les ateliers de Cail et Ce en participation avec Parent, Shaken et Ce.

MM. Meyer définissent comme suit, d'après un ingénieur distingué, le problème qu'ils se sont chargés de résoudre :

« Combiner un système de locomotive, d'une puissance facultative, pour ainsi dire, portant son approvisionnement d'eau et de charbon, ayant le poids le plus faible possible par unité de puissance, c'est-à-dire par unité de surface de chauffe, supportée par un nombre d'essieux assez grand pour que la charge ne dépasse pas un minimum aussi peu élevé que l'exigera la constitution de la voie (8 à 10 tonnes pour les lignes principales existantes; 7, 4 ou même 3 tonnes pour les lignes secondaires à rails légers); utilisant tout son poids pour l'adhérence, sans cependant assujettir plus de six roues, exceptionnellement huit roues à un mouvement angulaire commun, et enfin à entr'axes d'essieux parallèles assez restreints pour permettre la circulation facile de

l'appareil dans les courbes les plus raides, 150 à 100 mètres de rayon et même au-dessous. »

Le système Meyer consiste essentiellement en deux groupes ou trains mobiles, indépendants l'un de l'autre, et pouvant se mouvoir aussi bien dans le plan horizontal que dans le plan vertical. Ces deux trains portent une chaudière unique qui repose sur eux, sans l'intermédiaire de bâti spécial, au moyen de trois supports-pivots, placés l'un à l'avant sous la chaudière, dans le plan vertical de l'axe de celle-ci, et les deux autres, latéralement à l'arrière de chaque côté de cet axe, dans un plan vertical aussi, mais perpendiculaire au précédent.

La planche 39 représente un type à adhérence totale, à quatre essieux et à quatre cylindres, les mouvements et les châssis étant extérieurs aux roues, avec manivelles dont les têtes pénètrent dans les boîtes à graisse.

Les planches 40 et 41 montrent treize types isolés du système Meyer, les uns à adhérence partielle, les autres à adhérence totale.

Dans le type représenté à la planche 39, l'avant-train porte l'eau d'alimentation, et l'arrière-train, le combustible. Cette disposition permet de répartir également la charge sous les roues.

Le premier support-pivot, celui d'avant, correspond au centre de figure de l'avant-train ou à peu près. Les deux autres supports-pivots sont situés latéralement dans le plan transversal du centre de gravité de l'arrière-train, sur les bâtis duquel ils s'appuient par des patins. Le train-d'arrière peut glisser et se mouvoir librement sous ces patins, de sorte que, dans une courbe dont le centre est à gauche, par exemple, le patin de gauche

recule, par rapport à l'avant-train, et celui de droite avance.

La chaudière, étant supportée par les trains sans les relier et sans servir à la transmission de leur effort de traction, peut se dilater librement, sans altérer en rien le montage des groupes, ni du mécanisme.

La chaudière, l'avant et l'arrière-train sont séparables, moyennant le desserrage de quelques boulons.

Les deux trains sont reliés et attelés l'un à l'autre par une barre ou bielle d'attelage soumise seulement à la traction simple.

Pour l'attelage au premier véhicule, MM. Meyer ont adopté le système Stradal, que nous avons décrit en détail, en parlant des machines sorties des ateliers Cail et Fives-Lille.

L'arrivée de vapeur a lieu par des tuyaux de cuivre rouge ordinaires, mais suffisamment longs et disposés pour se prêter facilement aux déplacements relatifs de la prise de vapeur et des cylindres. L'échappement a lieu aussi par des tuyaux simples et flexibles.

Les *machines à grande vitesse* du système Meyer, composées de deux trains indépendants de six roues, dont une paire motrice par train, ont environ vingt tonnes d'adhérence, soit dix tonnes seulement par essieu moteur et deux cent cinquante à trois cents mètres carrés de surface de chauffe. Elles pèsent, au départ, environ cinquante cinq tonnes réparties sur six essieux, et coûtent, suivant les inventeurs, cent mille francs. La tonne de traction reviendrait donc seulement à trente mille francs.

L'écartement des essieux assujettis au parallélisme de chacun des trains des machines Meyer, à grande vitesse,

peut, au besoin, ne pas dépasser trois mètres, écartement qui leur permettrait de circuler aisément dans des courbes de petits rayons.

Les *machines mixtes*, composées de deux trains indépendants de six roues, dont quatre à adhérence, ont trente six tonnes d'adhérence, à raison de neuf tonnes seulement par essieu moteur ou accouplé, et deux cent cinquante à trois cents mètres de surface de chauffe.

Ces machines, achetées au prix de cent vingt mille francs, coûteraient vingt mille francs, par tonne de traction, comptée au sixième du poids adhérent.

Les *machines à marchandises*, à deux trains indépendants de quatre roues couplées, ont un poids maximum d'environ neuf tonnes par essieu et une surface de chauffe de cent quatre-vingts mètres carrés.

Les machines à deux trains indépendants de six roues couplées ont une adhérence minimum de cinquante tonnes, à raison de huit à neuf tonnes par essieu. Leur surface de chauffe s'élève à deux cent cinquante mètres carrés.

—

M. *Rarchaert, à Paris*, a exposé deux modèles de locomotive-tender, articulée à adhérence totale, l'un à six essieux convergents par groupe de trois; l'autre, à quatre essieux accouplés convergents par groupe de deux.

Le système articulé de M. Rarchaert va, dit-on, être construit en Amérique, et il a été acheté, en France, par le gouvernement, en vue de l'appliquer ultérieurement aux chemins de fer secondaires, dont la création nécessitera des machines capables de passer dans des courbes de très-petits rayons.

Le caractère particuliér de ce système, flexible et stable à la fois, est de se prêter au passage des courbes d'un rayon minimum de soixante mètres, à des vitesses de cinquante à quarante kilomètres à l'heure.

Selon M. Rarchaert, ses locomotives-tender d'un poids de vingt tonnes, approvisionnements compris, portées par les huit roues, produiront une pression de deux mille cinq cents kil. seulement sous chacun des bandages; et, comme le poids du moteur est utilisé en totalité par l'adhérence des huit roues, les machines pourront développer un effort de traction de trois mille trois cents kilog., qui leur donnera ainsi la puissance de remorquer, non compris le poids de la machine :

En palier.		640	tonnes.
En rampe de	0,005	310	"
"	0,010	200	"
"	0,020	112	"
"	0,030	74	"

XXXVII

Une médaille de bronze a été accordée à *M. de Bergues*, pour son frein à air comprimé, servant à modérer la vitesse des trains sur les rampes rapides. Le système de Bergues est appliqué à une des machines exposées par la Compagnie de Fives-Lille, et il est soumis en ce moment à des expériences, sur les chemins de fer de l'Ouest.

M. de Bergues fait usage, comme M. Lechatellier, de la marche à contre-vapeur; seulement, l'air, au lieu d'être aspiré dans la boite à fumée, est emprunté directement à l'atmosphère, pour être refoulé dans un réservoir, dont l'ouverture plus ou moins grande de sortie règle, comme on le désire, le travail du frein.

Au-dessus du corps de la chaudière est établi un réservoir en fonte d'air comprimé. Ce réservoir est pourvu de trois ouvertures qui se ferment : la première, par une soupape de sûreté; la deuxième, par un robinet qui se meut autour d'un axe horizontal; et la troisième, par un tiroir dont la boite communique avec le tube d'admission de vapeur, au moyen d'un tuyau spécial.

Pour faire agir le frein, il suffit de mettre l'air atmosphérique en communication avec les cylindres et en même temps d'intercepter la communication de ceux-ci avec la boite à fumée. Voici comment M. de Bergues y est parvenu : la partie inférieure de la calotte d'échappement, dont la surface est plane, présente un orifice, qui

est fermé, pendant la marche ordinaire, par un clapet. Ce dernier est soulevé et vient s'appliquer sur un siége à la partie supérieure, du moment que le régulateur de la machine est fermé et que le tiroir du réservoir est ouvert. Ajoutons, pour l'intelligence de la manœuvre de l'appareil, que le mouvement du tiroir et celui du clapet sont commandés par une seule tige, placée à la disposition du mécanicien. De plus, ce dernier a sous la main le mécanisme servant à manœuvrer le robinet de dégagement. Ceci posé, il est aisé de comprendre que le frein sera mis en action, dès l'instant où le régulateur sera fermé et le tiroir ouvert, car alors le clapet de l'échappement étant soulevé, les cylindres se trouvent en communication avec l'atmosphère, et du même coup les cylindres cessent toute relation avec la boite à fumée: Dans ces conditions, la marche est renversée et l'air extérieur aspiré par les cylindres est refoulé d'abord dans le tube d'admission de vapeur, puis, dans le réservoir, d'où il s'échappe par l'orifice de dégagement, dont l'ouverture plus ou moins grande sert à régler la pression, et par conséquent le travail du frein.

On reproche au frein de Bergues d'être cher et un peu compliqué. A côté de cela, il offre l'avantage d'empêcher l'élévation subite de la pression dans le générateur, et d'assurer la régularité du fonctionnement des injecteurs. Mais il y a à redouter l'échauffement des cylindres et même la fusion des tiges. Les résultats des expériences des chemins de fer de l'Ouest répondront à ces deux objections.

MATÉRIEL DE TRANSPORT.

Le matériel de transport, comprenant les voitures, les wagons et leurs accessoires, est très-nombreux à l'Exposition, surtout dans les sections française et prussienne. L'Angleterre et l'Autriche se sont abstenues pour ainsi dire de prendre part à la lutte : elles nous montrent seulement quelques modèles. L'Amérique exhibe des wagons destinés au service des rues ; l'Italie, des ambulances. — Nous examinerons les particularités les plus saillantes de ces intéressants produits de l'industrie du matériel des chemins de fer.

BELGIQUE

XXXVIII

L'industrie du matériel des chemins de fer, si importante en Belgique, était représentée seulement par deux véhicules exposés par *la Compagnie belge de machines et de matériels*, dont nous avons déjà parlé. Bien construites et bien appropriées à leur destination, ces deux importantes productions maintiennent la bonne réputation du pays d'où elles sont sorties.

Le premier véhicule exposé par *M. Évrard* est une voiture mixte à voyageurs, à quatre compartiments, chacun de deux mètres de hauteur intérieure, contenant trente-deux places distribuées, comme suit :

Coupé — dont la longueur est d'un mètre cinquante centimètres — quatre places.

Première classe — dont la longueur est deux mètres huit centimètres — huit places.

Deuxième classe — dont la longueur est d'un mètre soixante-trois centimètres — dix places.

Troisième classe — dont la longueur est d'un mètre cinquante-deux centimètres — dix places.

Ce véhicule, qui réunit à lui seul plusieurs types de construction, trouve son emploi en Belgique, où l'admi-

nistration des chemins de fer de l'État exige un compartiment spécialement réservé aux dames, et aussi sur les lignes où le mouvement des voyageurs est peu considérable.

Le châssis est entièrement en fer et indépendant de la caisse. Cette dernière repose sur le châssis au moyen de plaques en caoutchouc, servant à augmenter l'élasticité et à combattre les vibrations qui se produisent dans la marche. Le châssis est composé de poutrelles qui ont la forme d'un I pour les longerons et les traverses intermédiaires, et la forme d'un Ċ pour les traverses de têtes. Le tout est assemblé au moyen de ferrures et de goussets, de manière à former un cadre rigide, qui permet de supprimer la disposition généralement adoptée de la croix de Saint-André.

Au lieu d'un ressort unique de choc et de traction, la voiture porte deux grands ressorts transversaux, qui sont placés vers le milieu de la voiture et qui servent en même temps pour la traction et pour le choc. Ces ressorts, maintenus dans des guides rigides, sont solidement assemblés avec les traverses intermédiaires, sur lesquelles sont fixés les tirants des chaînes de sûreté.

Les essieux sont en acier Bessemer; les centres de roues sont pleins, ondulés, en fer laminé. Les boîtes à l'huile sont du système Gobert, ingénieur en chef des chemins de fer de l'Etat.

La charpente de la caisse est en bois de chêne; et, afin d'éviter les réparations fréquentes réclamées par la détérioration des moulures en bois, son revêtement extérieur est en tôle avec baguettes de recouvrement et d'entourage des baies en fer.

Une excellente disposition, appliquée déjà au matériel

de plusieurs lignes espagnoles, a été adoptée par la Compagnie belge, en vue d'améliorer la ventilation souvent défectueuse des voitures : la toiture est formée d'un double plafond, avec espace de dix centimètres, entretoisé par des courbes échancrées qui permettent à l'air de circuler dans toute la partie supérieure de la voiture. Des ventilateurs circulaires mobiles et en métal, d'une grande efficacité, entourent les lanternes dans chaque compartiment.

Pour éviter les rentrées d'air et de poussière, des bourrelets en caoutchouc sont placés sur le contour de chaque portière. Les poignées, mains-courantes et loquetaux, sont en cuivre, de même que les seuils d'entrée à chaque portière.

La garniture des compartiments est élégante et confortable.

Les coussins et dossiers du *coupé,* qui est placé à une des extrémités de la voiture, sont garnis en maroquin relevé par des galons brochés en soie. Trois châssis de glace, dont l'un est mobile, sont disposés dans le panneau opposé aux banquettes. Deux strapontins mobiles et une tablette sont placés sur le devant. — Le plafond, le dessus des dossiers et la face opposée aux siéges, sont en ébénisterie composée de panneaux de platane, de bandeaux d'érable gris moucheté et de moulures en palissandre.

La garniture des coussins et dossiers du compartiment de *première classe* est en drap, (gris noisette clair) relevé par des galons brochés en soie. Le plafond et le dessus des dossiers sont composés de panneaux en platane, encadrés de bandeaux en érable gris et de moulures en acajou.

Le compartiment de *deuxième classe* est un spécimen de voiture d'été, d'une convenance parfaite pour les pays chauds. Les banquettes et les dossiers, au lieu d'être garnis en étoffe, sont formés de cadres en acajou garnis en jonc et dont la forme présente des siéges commodes. Des panneaux en bois de chêne poli, encadrés de moulures en acajou, composent les autres parties du compartiment.

Les banquettes du compartiment de *troisième classe*, en bois poli au noir, sont légèrement creusées ainsi que les dossiers. Les surfaces de ce compartiment sont formées de panneaux en bois de frêne, avec encadrement en bois de chêne, le tout verni.

Cette voiture coûte seize mille francs et peut être considérée comme une des meilleures de l'Exposition, tant pour ses heureuses dispositions que pour l'excellence du travail.

Un autre véhicule exposé par *la même Compagnie* est un wagon fermé pour marchandises, bétail et cavalerie, chargeant dix tonnes et dont les dispositions et dimensions sont conformes aux wagons des chemins de fer de l'État belge, destinés aux mêmes usages.

Ce wagon est tout en fer, à l'exception du plancher qui est en bois de chêne, ce qui a permis de réduire son poids mort à six mille huit cents kilog. Le poids d'un même wagon belge en bois est d'environ sept mille deux cents kilog.

La caisse, fixée au châssis par des consoles et des équerres, est formée de panneaux en tôles rivés sur des ranchets extérieurs en fers spéciaux ⊔, entourant la caisse et d'une seule pièce.

Les portes établies sur les quatre faces sont formées

de panneaux en tôle, rivés sur des cadres en cornières : celles des grands côtés sont montées sur galets et celles des bouts, sur charnières.

A la partie supérieure de chaque grand côté se trouvent quatre ouvertures grillées qui se ferment à volonté par des volets manœuvrés de l'extérieur. Des tabliers à charnières placés aux portes des bouts du wagon peuvent recevoir un plan incliné pour l'entrée et la sortie du bétail et des chevaux.

Le châssis est composé de poutrelles en I de vingt centimètres de hauteur, pour les longerons et les traverses intermédiaires, et de fers en ⊔ pour les traverses de tête. L'assemblage entre eux de ces fers, au moyen de ferrures et de goussets, et leurs dimensions spéciales concourent à donner au cadre une grande rigidité, qui dispense de l'emploi de la croix de Saint-André.

L'effort de traction est transmis d'un crochet à l'autre, au moyen de tirants en cornière, qui servent, en outre, d'appui au milieu du plancher, dans toute sa longueur. Cette disposition offre l'avantage de ne fatiguer aucune traverse.

L'arrangement particulier des plaques de garde permet d'utiliser la résistance de leurs entretoises, pour augmenter la raideur des longerons.

Les essieux sont en acier Bessemer ; les centres de roues sont pleins, ondulés, en fer laminé, et les boîtes à l'huile, du système Gobert.

C'est un bon wagon, bien construit, et qui peut être livré au prix de cinq mille cinq cents francs.

PRUSSE.

XXXIX

La Prusse est parfaitement représentée en matériel roulant au Palais du Champ de Mars. Ses belles voitures, si confortables et en même temps si bien aménagées, sont sans rivales à l'Exposition. Il est à souhaiter de voir bientôt les compagnies de chemins de fer appliquer, au moins à quelques wagons de chaque train, les dispositions utiles que présentent les véhicules prussiens, surtout pour les longs parcours. A côté de ses luxueuses voitures où tant d'utilités sont réunies, la Prusse nous montre quelques bons wagons dans la construction desquels le fer a pris la place du bois, et dont le caractère général est d'offrir un poids mort inférieur à celui des wagons en bois pour un même tonnage.

La ***Société de fabrication du matériel roulant, a Berlin***, a obtenu la médaille d'argent pour ses voitures mixtes à voyageurs et son wagon-poste.

Ces belles voitures mixtes sont destinées aux chemins de fer de Stettin et de Halle-Cassel. Leur construction diffère peu de celle de la voiture mixte de M. Lüders de Goërlitz, que nous décrirons plus loin en détails. A l'extrémité est le coupé, dans lequel les voyageurs se ren-

dent à l'aide d'un escalier symétrique des deux côtés, et qui aboutit à un palier établi au niveau du compartiment lui-même. Les siéges et les dossiers, pourvus de ressorts, sont parfaitement bourrés. Un mécanisme très-simple permet d'avancer d'une certaine longueur chaque siége, de façon à former un matelas, au moyen de deux siéges qui se font face. Cette position de deux siéges est indiquée à la planche 42. Les compartiments sont chauffés, en hiver, au moyen de boîtes de sable chaud, portées sous les banquettes par une ouverture extérieure, qui évite aux voyageurs le désagrément résultant de l'introduction de ces boîtes ou de boules d'eau par les portières. Rien n'a été négligé dans l'aménagement de ces voitures. On y trouve : cabinet de toilette, water-closet, lieu de retraite pour les voyageurs malades, filets et tables, etc., servant à recevoir de nombreux paquets : toutes dispositions qui témoignent de la déférence pour la dignité et le bien-être de l'homme. Notons toutefois que la ventilation laisse à désirer. L'appropriation et la forme des deuxièmes classes sont excellentes; les portières qui servent à l'admission des voyageurs, sont disposées sur les deux grands côtés de la voiture.

La *Société de Berlin* expose aussi un wagon-poste, muni, sur l'un de ses côtés, d'un filet surmonté d'un réseau de cordes et qui sert à recevoir les dépêches dans les stations où le train ne s'arrête pas. On sait que l'appareil, destiné à opérer l'échange des dépêches, consiste en une tige érigée près de la voie, et à portée du wagon-poste ambulant. Au sommet de cette tige est fixée une branche horizontale avec encliquetage, d'où s'échappe, au moindre choc, le sac des dépêches, pour tomber dans le filet qui a été abaissé pour la circonstance. Le filet est

très-solide et bien construit; mais le mécanisme à contrepoids, qui sert à le manœuvrer, se projette à l'intérieur d'une manière très-disgracieuse. Plusieurs autres projections ne sont pas garanties par le rembourrage, et nous pensons que cette disposition intérieure ne tardera pas à être remplacée. Les casiers du wagon-poste sont disposés avec intelligence et en vue d'un classement rapide des lettres et dépêches. Les étiquettes sont mobiles, les tables sont en marbre et des armoires spacieuses servent à recevoir les habits, etc., des employés. Le compartiment où s'effectue le travail du personnel, est chauffé par un poêle alimenté par le haut du wagon. Son alimentation se fait toutes les huit heures, au moyen de charbon de bois.

—

Une médaille de bronze a été obtenue par ***MM. Schmidt et Cie, à Breslau,*** qui ont exposé un bon wagon en tôle, très-léger, et d'un aspect solide. La caisse, longue de cinq mètres soixante-dix-neuf centimètres, a une largeur de deux mètres cinquante-six centimètres et une hauteur de quatre-vingt huit centimètres. Sa capacité est de treize mètres cubes, son chargement de dix mille cinq cents kilog., et son poids absolu de quatre mille neuf cents kilog. La distance entre les axes est de trois mètres quarante-cinq centimètres.

—

Une magnifique voiture mixte à voyageurs a valu à ***M. Lüders, de Goërlitz*** (Silésie Prussienne), la mention honorable. Les planches 42, 43 et 44 en montrent les diverses dispositions. Elle fait partie d'une commande du chemin de fer de Magdebourg-Leipzig et est destinée à la ligne de Cassel.

La caisse, longue de sept mètres soixante-six centimètres, et large de deux mètres soixante centimètres, contient quatre compartiments : un coupé de première classe et un autre spécialement réservé aux dames, et deux compartiments de deuxième classe.

Le châssis est monté sur deux paires de roues dont l'écartement est de quatre mètres quatre-vingt-sept centimètres. Les longerons sont en fer laminé; la croix de Saint-André, les traverses de têtes et intermédiaires sont en bois de chêne, le tout assemblé au moyen d'équerres en fer forgé. Les essieux et les roues sont aussi en fer forgé. Les ressorts de suspension sont en acier fondu et leur longueur, d'axe en axe des trous, est de un mètre quatre-vingt-quinze centimètres : les supports de ces ressorts, à écrous mobiles et à vis de rappel, sont fabriqués en fer forgé, de même que les boîtes de choc. Un ressort en spirale sert pour la traction et pour le choc.

Le coupé de première classe et le compartiment du milieu spécialement réservé aux dames sont plus longs de vingt centimètres que les compartiments de deuxième classe. Le coupé de première classe contient six siéges bourrés, pour six personnes. Un mécanisme en fer permet d'avancer les siéges, de manière à former, par la réunion de deux d'entre eux, placés vis-à-vis l'un de l'autre, un sofa continu, où l'on peut aisément s'étendre et dormir. Au-dessous des siéges se trouvent des ressorts disposés sur six rangées et formés de quarante fils d'acier bien tiré; les ressorts des premières rangées de devant ont chacun huit fils d'acier, et deux des quatre autres rangées ont six fils d'un acier moins fort. Ces deux catégories de fils sont bandées à des hauteurs différentes.

Les dossiers ont huit ressorts entiers et quatre demi-ressorts ; les accoudoirs, six pièces de ressorts. Afin de répartir la pression d'une manière uniforme, les ressorts de chaque siége sont recouverts d'un tissu fin de fils de fer, et ce tissu est lui-même recouvert d'une couche de coton bien rembourrée. Cette dernière s'oppose à l'entrée des mites. Le crin a servi à faire le rembourrage.

Les siéges de première classe sont couverts de peluche rouge.

Sous le plafond se trouve un plafond-parquet en bois d'érable, qui est poli à blanc et dont les bords sont garnis de baguettes dorées. La garniture des parois est faite en étoffe de soie blanche; celle du côté intérieur de la porte, en peluche bordée de larges passementeries. Sur le plancher, il y a un tapis, et à côté des fenêtres, des bretelles pour les bras.

Les compartiments de deuxième classe ont quatre sofas, chacun pour deux personnes. Ils ont aussi des ressorts et sont bourrés de la même manière que ceux de première classe ; mais ils sont couverts de peluche grise. Les parois sont ornées de dessins en parquetterie cirée, de même que le plafond, dont l'ornementation est plus claire et qui est garni de baguettes cannelées et polies en bois de mahoni.

Le compartiment réservé aux dames contient deux sofas, sans appui au milieu. Il est bourré haut, et quatre personnes peuvent assez commodément y dormir ou s'y reposer. Les dossiers et les pieds des siéges sont en bois de mahoni, orné de sculptures. La garniture des sofas est en soie rouge; celle des parois, en étoffe de soie blanche, avec baguettes dorées pour le plafond. Sur l'un des côtés, il y a deux miroirs ovales, avec cadres dorés.

Les fenêtres peuvent être abaissées au moyen de contrepoids. Les encadrements des portes et des fenêtres sont doublés de pièces de mahoni, richement travaillées. Les filets du coupé de première classe et du compartiment réservé aux dames reposent sur des consoles dorées; ceux de deuxième classe reposent sur des consoles en bronze. Des stores à ressorts garnissent les portes et les fenêtres. Les fenêtres de côté sont pourvues de rideaux en soie pour les premières classes et en laine pour les deuxièmes classes. Tous les châssis sont garnis de glaces de France, dont le cliquetis est évité au moyen de bandes de peluche, qui sont vissées sur les rebords du châssis. Les portes ont des couvre-joints en fer massif; et, pour qu'elles ferment complétement, une bande de feutre fort a été collée tout autour, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

La voiture coûte douze mille francs.

—

M. *Kuffer, à Breslau,* a exposé un wagon en fer pour marchandises, du type adopté récemment sur le chemin de fer de la Haute-Silésie. Il est porté par deux essieux en acier fondu; et, quoique son poids n'atteigne pas cinq mille cinq cent vingt-cinq kilog., il est capable de transporter une charge de onze mille kilog. Son prix est de quatre mille cinq cents francs. C'est un wagon léger, qui paraît très-solide et capable d'un grand chargement. Voici ses dimensions principales :

Longueur :	5	mètres	10.
Largeur :	2	-	56.
Hauteur :	1	-	00.

CONFÉDÉRATION SUISSE.

XI.

La *Société industrielle suisse, de Neuhausen*, a obtenu la médaille d'argent, pour une voiture à voyageurs de deuxième classe, exposée dans une annexe du Parc. C'est un véhicule léger, divisé en deux compartiments par un passage central, où circule le conducteur du train. A chaque extrémité de la voiture se trouve une plate-forme, où les voyageurs sont libres d'aller admirer les sites pittoresques du pays.

La voiture est bien construite; elle est confortable et son aménagement ne laisse rien à désirer; mais sa disposition offre le désavantage de faire perdre de la place.

FRANCE.

XLI

L'Exposition française en matériel roulant est très-complète et très-curieuse. A l'instar de la Prusse, la France nous montre plusieurs améliorations, qui tendent à augmenter le confort, le bien-être et la sécurité des voyageurs. Examinons ces divers perfectionnements.

La *Compagnie des chemins de fer de Paris à Orléans* a exposé, dans l'annexe du Parc, une belle voiture de première classe, à trois compartiments, pour trains de grande vitesse, et où diverses améliorations ont été apportées, en vue de diminuer la fatigue des longs voyages.

La charpente de la caisse est construite en bois de teck, à raison de l'extrême résistance que ce bois offre à la pourriture. Les panneaux sont en tôle peinte et vernie; autrefois, ils étaient aussi en bois de teck, mais la Compagnie des chemins de fer de Paris à Orléans y a renoncé, à cause des difficultés qu'il y avait à fabriquer ces panneaux et à les réparer.

Les centres des roues sont en fer plein laminé des usines de la Providence. On dit que ces roues résistent bien au service à grande vitesse.

Afin d'empêcher la transmission des vibrations pro-

duites par le roulement à grande vitesse, les compartiments reposent sur des rondelles en caoutchouc interposées entre la caisse et le châssis, et le train est formé de brancards en bois, au lieu de brancards en fer, employés habituellement pour les wagons de grande longueur.

Malgré le surcroît d'entretien qui résulte de l'emploi de la garniture de velours aux châssis de glace, cette disposition, qui a pour objet de détruire le bruit assourdissant occasionné par la trépidation des châssis vitrés, est encore appliquée à la voiture exposée.

Afin d'assurer le contact des tampons en marche et d'éviter une cause du mouvement de lacet, la voiture porte un ressort unique de choc et de traction.

Des ouvreaux ménagés au-dessus des châssis de glace permettent l'admission d'une certaine quantité d'air nécessaire à la ventilation.

Outre le système exposé, la Compagnie d'Orléans possède des voitures à un ou deux coupés. Parmi celles-ci, un certain nombre ont un coupé à trois fauteuils-lits; d'autres, un coupé qui contient un lit de malade et une place de fauteuil, avec water-closet.

—

MM. *Bonnefond et Cie, à Ivry* (Seine), ont exposé, dans l'annexe du Parc, deux voitures à voyageurs, dont la construction très-soignée leur a valu la médaille d'argent.

La première est une voiture de deuxième classe, du type des chemins de fer de l'Est. Elle a quatre compartiments, qui sont munis de filets comme ceux de première classe. La garniture en est en drap brun. C'est une très-bonne voiture, mais la ventilation laisse à désirer.

La deuxième est une voiture de troisième classe, du type des chemins de fer de Paris à Orléans. Elle est très-confortable, et elle porte, pour la ventilation, des ouvreaux au-dessus des châssis de glace. Les banquettes sont légèrement cintrées ; les dossiers sont droits et ont une hauteur d'environ quatre-vingt-cinq millimètres. La distance comprise entre le plafond et la partie supérieure des dossiers, est d'environ trente-quatre centimètres.

—

M. ***Delettrez, père, à Paris,*** a obtenu la médaille d'argent pour une série de voitures à voyageurs, dont le travail est irréprochable.

Parmi les produits exposés, dans l'annexe du Parc, par M. Delettrez, nous remarquons :

1° Une très-bonne voiture de troisième classe, à cinq compartiments, du type des chemins de fer de l'Est. Les banquettes et les dossiers sont cintrés, avec séparation pour les voyageurs. Les châssis de glace sont pourvus de rideaux. La distance entre le plafond et la partie supérieure des dossiers, est d'environ quarante et un centimètres. Les dossiers ont une hauteur de quatre-vingt-huit centimètres. Mais on constate l'absence d'ouvreaux pour la ventilation.

2° Une excellente voiture de deuxième classe, à quatre compartiments, du type des chemins de fer de l'Ouest. Le châssis est en bois, et les bancs et dossiers sont très-confortablement rembourrés. Les dossiers sont garnis de drap gris ; ils sont moins hauts que ceux des chemins de fer de l'Est, pour la même classe. Les compartiments sont pourvus de filets. La ventilation peut être activée au moyen d'ouvreaux. La voiture porte une guérite, où

se manœuvre un frein agissant sur les roues, qui sont très-solides.

3° Une belle et solide voiture de première classe, à trois compartiments, du type ordinaire du chemin de fer du Nord. — Les accoudoirs du milieu peuvent se replier. Absence d'ouvreaux : la ventilation se fait par l'abaissement des glaces.

—

Une médaille d'argent a été décernée à MM. *Chevalier, Cheilus jeune et Cie, à Paris,* qui ont exposé plusieurs véhicules présentant des dispositions intéressantes et dont la construction est très-soignée.

Signalons d'abord une bonne voiture de première classe, à six roues et châssis en fer, du type des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Elle a trois compartiments dont les accoudoirs du milieu se replient, et un coupé-lit ne portant pas de bras au milieu. Le coupé-lit est mobile sur un véritable coulisseau, et, à son extrémité, il se trouve un water-closet.

Le fond de la voiture est couvert de fer en feuilles; les panneaux des côtés et des extrémités sont recouverts de tôles en acier Bessemer, et la partie supérieure, de cuivre en feuilles, pour éviter l'incendie. Elle est pourvue d'un avertisseur pneumatique, système Jolly, qui établit une communication entre les voyageurs et le garde. Cet appareil consiste en une sonnette mise en mouvement au moyen d'un poids et d'une poulie placés au-dessus d'un tambour auquel sont fixées des roues dentées. Le poids est maintenu à l'état de repos par une détente qui pousse l'extrémité du piston d'un petit cylindre. Ce cylindre communique, au moyen de tubes flexibles, avec de petites pompes à air placées dans les divers compartiments.

Lorsqu'on agit sur ces pompes, un vide partiel se produit derrière le piston, qui est alors poussé en avant dans le cylindre par la pression de l'air extérieur. La détente tombe, et le poids, en descendant, fait tinter la sonnette. C'est donc une sonnerie dont le déclanchement a lieu par le recul du piston sous l'action du vide dans le tube par les pompes.

Une sonnette d'avertisseur est placée dans le coupé-lit de la voiture exposée. Les tubes qui relient les wagons sont en caoutchouc.

La voiture pèse neuf tonnes et coûte environ douze mille francs.

Un excellent wagon-poste, du modèle de l'administration des postes françaises, a été aussi exposé par MM. *Chevalier, Cheilus et Cie*.

La ventilation y est faite au moyen d'un ventilateur à disque et de huit ouvreaux pouvant se fermer à volonté. Le bureau-ambulant est disposé pour recevoir sept employés qui prennent part au travail du classement. Les tabourets et les chaises dont ils se servent, ne sont pas à demeure. Le wagon-poste est chauffé par un poële, à double enveloppe, alimenté par du coke et dont le tuyau traverse le plafond. Deux caisses servant au classement des journaux roulent sur des galets. Entre autres objets, on remarque : une sonnette de départ, un avertisseur pneumatique, et, au fond, une horloge. Le wagon exposé n'est pourvu d'aucun mécanisme servant à remettre ou à recevoir les sacs de dépêches dans les gares où le train ne s'arrête pas. Quelques parties saillantes, et notamment les bords des pupitres, ne sont pas rembourrées.

—

M. *Vidard*, inspecteur du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest, a exposé une voiture à deux étages à châssis surbaissé, avec frein à huit sabots, pour chemins de fer départementaux ou à court trajet, réunissant les trois classes de voyageurs.

Cette voiture est bien construite; elle sort des ateliers de MM. *Gargan et Cie* et appartient au système Bournique et Vidard, expérimenté, depuis trois ans, sur les chemins de fer de l'Est.

Le système général de la voiture a été abaissé, de manière à permettre la superposition d'une deuxième caisse à la première. Par là, on allège le poids de la voiture, par rapport au poids qu'elle peut porter, et on utilise toute la section du gabarit de passage dont les wagons actuels n'occupent qu'une partie.

La voiture exposée est représentée par les planches 45 et 46.

Le châssis surbaissé est formé de deux longerons en fer à double T, qui ont, pour une même résistance, une hauteur et un poids moindres que les brancards en bois. Les longerons sont légèrement cintrés au-dessus des essieux, de manière à augmenter l'espace libre au-dessus des boîtes, et ils sont recourbés, à chaque extrémité, pour recevoir, à la hauteur ordinaire, les traverses extrêmes sur lesquelles sont fixés les tampons et les barres de traction.

Les longerons sont reliés par des traverses extrêmes en fer. Les traverses intermédiaires en bois sont encastrées au milieu par deux longrines longitudinales, qui relient les traverses extrêmes et sur lesquelles s'exercent, au moyen de crosses centrales, les efforts de traction.

Dans la voiture exposée, l'espace ordinairement occupé

par les ressorts de suspension est réservé aux oscillations de la voiture et résulte de la position de ces ressorts sur les côtés des longerons.

Des attaches articulées relient les ressorts aux longerons; elles sont composées d'une main de ressort ayant la forme d'un étrier, dont la tige taraudée s'engage dans une douille allongée ou raccourcie à volonté par un écrou.

Les fusées des essieux n'ont pas de collet et se terminent par un pivot en acier fondu, qui appuie contre une crapaudine également en acier et qui supporte très-bien, dit-on, les mouvements de lacet.

En vue de substituer le frottement de roulement au frottement de glissement des boites à huile, l'essieu est encapuchonné dans un corps de boîte cylindrique, d'un seul morceau, alésé et revêtu intérieurement d'une tôle d'acier. Entre ce corps de boite et la fusée de l'essieu est interposé un chapelet en acier composé de rouleaux reliés entre eux par des maillons.

Comme on le voit, la voiture du système Vidard, dont le plancher de chaque caisse est abaissé, se distingue par l'emploi de longerons en fer à double T, par des ressorts de suspension sur les côtés des longerons des châssis et des boites cylindriques à rouleaux ayant moins de hauteur que les boites ordinaires.

L'étage inférieur de la voiture est composé de deux coupés contenant huit places, d'un compartiment de deuxième classe pouvant recevoir dix voyageurs, et d'un compartiment de troisième classe à seize places. Un double escalier, placé à chaque extrémité de la voiture, conduit au deuxième étage, qui est formé d'un couloir longitudinal divisant, en deux parties symétriques, dix

banquettes cintrées et à baguettes flexibles, chacune à deux places de troisième classe.

Dans la caisse inférieure, le compartiment de deuxième classe est garni de drap brun et il ne porte pas de filets pour les chapeaux. Les banquettes du compartiment de troisième classe sont cintrées, les dossiers sont droits et le plancher est couvert d'un tapis.

Nous redoutons, surtout en été, l'insuffisance de la ventilation qui se fait par le seul abaissement des glaces, les ouvreaux étant supprimés.

Pour les lignes secondaires et de banlieue, où la vitesse est généralement faible, le système Vidard constitue une amélioration véritable, car, en même temps qu'il économise le roulement d'un matériel considérable, il abaisse sensiblement le rapport du poids mort au poids utile remorqué, et diminue l'effort de traction et la longueur des trains, sans parler de la réduction qui pourra être apportée au développement des gares, etc. Nous ne saurions conseiller son emploi pour des trains de grande vitesse, à cause de la moindre sécurité qui résulte de l'élévation de son centre de gravité et de la difficulté de répartir économiquement le nombre des places de chaque classe, en raison des nécessités de chaque train.

A cause de sa plus grande largeur, la voiture Vidard présenterait des dangers qu'il est bon de signaler, dans le cas où une portière, restée ouverte du côté de l'entre-voie, viendrait heurter les voitures d'un autre train, et dans le cas aussi où des voyageurs imprudents se pencheraient hors des wagons.

M. *Vidard* a exposé aussi un wagon à marchandises, à train brisé, pouvant porter seize tonnes de chargement

et franchir facilement les courbes de petit rayon. Ce wagon se trouve dans l'annexe du parc et a été construit dans les ateliers de MM. *Gargan et Cie*.

Le wagon de M. Vidard est à traverses mobiles et à longueur variable; il est représenté en la planche 47, et il a été exécuté en vue de transporter des bois et des pièces de grande longueur.

Le wagon est pour ainsi dire tout entier dans le châssis, lequel est formé de deux cadres en charpente, portant chacun une seule paire de roues et réunis au moyen d'une flèche avec armature en fer. Au-dessus des essieux montés qui occupent le milieu de chaque cadre, se trouvent placées deux traverses mobiles reliées au châssis au moyen de deux chevilles ouvrières. La flèche, très-forte, entre à coulisse dans les traverses des deux cadres et est percée de trous également espacés pour recevoir la cheville ouvrière de chaque traverse mobile. Elle est en outre guidée entre deux longrines avec un jeu suffisant pour permettre aux cadres de prendre l'inclinaison nécessaire au franchissement des plus petites courbes.

La disposition qui précède a été prise en vue de reporter directement la charge sur chaque essieu, et d'obtenir, suivant la longueur du chargement à effectuer, l'allongement ou le raccourcissement du wagon. On obtient la longueur maxima du véhicule en éloignant les deux cadres de toute la longueur de la flèche.

Quand les cadres sont rapprochés, la longueur totale du wagon est de 6 mètres 800 et les essieux sont écartés de 3 mètres 200; et lorsque le wagon est développé entièrement, sa longueur totale est de 11 mètres 300 et l'écartement de ses essieux, de 7 mètres 700.

Le wagon exposé a été admis pendant six mois dans les trains réguliers de marchandises entre Paris et le Hâvre, avec un chargement moyen de 13,450 kilogrammes. Préalablement à ce service, il a été soumis, sur les chemins de fer de l'Ouest, à une série d'essais, dans le but de constater les effets produits par divers chargements et par sa circulation dans des courbes de petits rayons. Voici les résultats de ces essais :

Sous des chargements variant de quatre mille à seize mille kilog., les deux parties du châssis ont pris des positions correspondantes aux flexions de la caisse. Dans les cas les plus défavorables, la flexion de la caisse n'a pas dépassé $0^{m},065$ pour une longueur totale de 8 mètres. Après déchargement, le wagon est revenu à sa position initiale.

Sous la charge de seize tonnes, le wagon a circulé, avec facilité, dans des courbes de 228, 178 et 117 mètres de rayon. Le déplacement des essieux, au passage des courbes, s'est effectué sans difficulté, de même que le retour de ces essieux au parallélisme, à la sortie des courbes.

Le wagon de M. Vidard est bien étudié. Il permet d'abaisser le rapport du poids utile au poids mort et de franchir des courbes de petits rayons. Il est surtout avantageux pour le transport des pièces de grande longueur, transport qui ne peut s'effectuer au moyen des deux wagons ordinaires, qu'en y ajoutant des flèches mobiles appropriées à la longueur des pièces à transporter.

—

La *Compagnie des chemins de fer du Midi* expose, dans le Palais, une bonne voiture mixte, bien construite et qui

sort de ses ateliers. Elle est munie d'un frein Tabuteau et d'un avertisseur électrique. Elle a quatre compartiments : deux de première classe, pouvant contenir huit places, et deux de deuxième classe. Ces derniers compartiments sont pourvus de porte-chapeaux.

—

M. *Fell, à Lanslebourg* (Savoie), a exposé une voiture de construction spéciale pour la traversée du Mont-Cenis. Elle a obtenu la médaille d'argent, et elle a été construite par MM. Chevalier, Cheilus et Cie. Elle offre la particularité de présenter sous sa caisse des galets qui agissent horizontalement en se cramponnant à un rail central pour gravir les rampes escarpées des Alpes.

—

MM. *Suc-Chauvin et Cie, à la Villette*, exhibent un wagon de terrassement cubant deux mètres, tournant sur un pivot central, la caisse automatique pouvant verser des quatre côtés indifféremment.

Les charnières dans le haut nous paraissent susceptibles de se déranger facilement. Le matériel exposé par MM. Suc-Chauvin et Cie a obtenu la mention honorable.

—

L'Exposition de *la Compagnie des chemins de fer de l'Est*, toujours sur la brèche lorsqu'il s'agit de questions de matériel, est certainement la plus complète du Palais du Champ de Mars, et en même temps la plus intéressante par les améliorations introduites dans la construction des véhicules, en vue d'augmenter le bien-être et la sécurité des voyageurs.

Signalons d'abord une voiture de première classe, avec un compartiment coupé-lit, munie de boites à huile

du système Delannoy, et de fils de communication électrique, exécutée dans les ateliers de la Compagnie, à la Villette.

C'est une excellente voiture, dont le travail est d'une grande perfection. Elle a deux compartiments ordinaires contenant huit places chacun et un coupé-lit très-profond de trois places. Dans les compartiments ordinaires, les accoudoirs du milieu peuvent se replier, de manière à permettre aux voyageurs de se coucher dans le sens de la largeur de la voiture, lorsque les autres places ne sont pas occupées. — Le coupé-lit présente une disposition d'une grande utilité, surtout pour les longs voyages et qu'il serait souhaitable de voir propager : les dossiers sont mobiles et faits de telle sorte qu'ils peuvent être déployés en avant et former ainsi des lits, avec matelas confortables. L'espace additionnel fourni par les enfoncements où ces lits se dérobent permet aux voyageurs de se coucher suivant l'axe longitudinal de la voiture. Les côtés des portières sont munis de bandes de caoutchouc, dans le but d'empêcher complétement l'air extérieur de pénétrer dans les compartiments. Les ouvreaux servant à l'admission de l'air sont supprimés : la ventilation se fait par le seul moyen de l'abaissement des glaces.

Le prix du coupé-lit est de 45 p. c. plus élevé que celui des compartiments ordinaires de première classe.

La même Compagnie a exposé un fourgon à marchandises, avec brancards de châssis en fer, boîtes à huile du système Dietz, exécuté dans ses ateliers, à la Villette. Ce wagon est très-bien construit, et il porte un frein à entraînement du système Stilmant, que nous allons décrire.

Le frein *Stilmant*, représenté planche 48 (*Société Allain et Cie, à Paris*), a obtenu la médaille d'argent. Il est simple et solidement assemblé. Il offre l'avantage de produire instantanément une grande pression sur les roues, au moyen d'un volant manœuvré et dirigé à volonté par l'homme de service. Il agit quel que soit le sens de la marche du véhicule, et il est appelé « frein par entraînement, » parce que les roues aident, dans une certaine mesure, à s'arrêter elles-mêmes.

Suspendu, comme les freins ordinaires, au châssis du wagon, une des deux suspensions dont le frein Stilmant se compose, sert de glissière et a des coins articulés au milieu, afin de leur permettre de suivre l'angle des glissières, quand s'usent les roues et les sabots du frein. Outre ces deux suspensions, le frein est formé de deux bielles de pression avec sabots en fer, et d'un arbre horizontal portant trois leviers : un grand et deux petits. A l'extrémité du grand levier est fixée la vis munie de son volant et de ses supports.

Les sabots agissent assez fortement pour que, d'un calage à l'autre, ils fassent disparaître le méplat occasionné par le glissement des roues sur les rails ; de cette manière, les roues conservent toujours la forme ronde.

Lorsque le frein est serré et que les roues sont calées, les œils ou coulisses permettent l'entraînement des sabots et assurent jusqu'à un certain point le fonctionnement des ressorts de suspension.

Le frein Stilmant, très-facile à serrer et à desserrer, ne produit, eu égard surtout à sa grande pression, qu'un frottement peu important, et cela est dû sans doute à ce que l'effort du frein se reporte sur les coins, dont la surface est assez grande.

Des freins de ce système fonctionnent actuellement en France, sur les lignes de l'Est, de l'Ouest et du Nord.

Le poids du frein-Stilmant, tout prêt à monter, boulons compris, peut être estimé comme suit :

Pour machines locomotives, sur deux roues : de 400 à 450 kilogrammes, dont 100 kilogrammes de fonte.

Pour tenders, sur quatre roues : de 700 à 840 kilogrammes, dont 180 kilogrammes de fonte.

Pour fourgons et wagons, sur quatre roues : de 600 à 640 kilogrammes, dont 90 kilogrammes de fonte.

Pour wagons à marchandises, sur deux roues : de 240 à 265 kilogrammes, dont 60 kilogrammes de fonte.

Pour frein à main, avec un seul sabot : de 50 à 95 kilogrammes, dont 28 kilogrammes de fonte.

Les chemins de fer de l'Est exhibent aussi, dans l'enceinte du Palais, une voiture mixte, à deux étages, de soixante-dix-huit places, exécutée sur les plans de la Compagnie, d'après le système Bournique et Vidard, et construite dans les ateliers de MM. Bonnefond et Cie, à Ivry.

Ce que nous avons dit de la voiture à deux étages de M. Vidard, nous pourrions, à peu de choses près, le répéter pour le même système de véhicule exposé par l'Est français.

Afin de maintenir le centre de gravité aussi bas que possible, les deux étages n'ont chacun qu'une hauteur d'environ un mètre soixante-cinq centimètres. L'étage inférieur est composé de quatre compartiments, dont la construction est très-soignée : un compartiment de première classe, pour huit voyageurs ; deux compartiments de deuxième classe contenant vingt places, et un compartiment de troisième classe, à dix places, réservé aux dames.

La garniture du compartiment de première classe est parfaite. Les compartiments de deuxième classe sont garnis de dossiers et de coussins très-confortables et bien rembourrés, et ils sont pourvus de filets à chapeaux. Le compartiment de troisième classe ne laisse rien à désirer comme confort et témoigne de la sollicitude de la Compagnie de l'Est pour les populations laborieuses : siéges et dossiers cintrés, très-confortables, vitrage soigné et rideaux aux fenêtres.

L'étage supérieur, auquel on a accès au moyen d'escaliers doubles, munis de rampes légères en fer et placés aux deux extrémités de la voiture, contient dix banquettes, chacune de deux places de troisième classe, divisées en deux par un passage central, qui supprime la circulation à l'extérieur. Là encore les siéges et les dossiers sont cintrés et très-confortables.

Comme nous l'avons déjà vu, les supports longitudinaux du châssis sont en fer et recourbés extérieurement à leurs extrémités pour recevoir les tampons et les barres de traction. Les supports transversaux extrêmes sont en fer et ceux du milieu sont en bois. Les divisions des compartiments correspondent exactement au centre de chacune des deux paires de roues.

Il y a lieu de remarquer que les bandages et les essieux sont en acier fondu de Krupp, précaution justifiée par la lourde charge qui pèse sur ces organes. Les roues sont du système Arbel, et les boîtes à huile, à filtre, étudiées par la Compagnie, d'après Basson.

Cette voiture coûte environ onze mille francs. Son emploi doit être limité aux trains que nous avons indiqués en parlant de la voiture exposée par M. Vidard.

La Compagnie du réseau de l'Est a envoyé aussi, au

Palais du Champ de Mars, un fourgon à bagages, construit dans ses ateliers, muni d'un frein électrique du système Achard.

En 1866, l'Académie des sciences de Paris décerna le prix Monthyon à M. Achard, pour son système de l'embrayage électrique appliqué au service des chemins de fer. Le jury de l'Exposition de 1867 a décerné, à la même invention, la médaille de bronze.

M. Achard, par la combinaison de moyens mécaniques avec les courants dérivés de piles électriques, est parvenu à s'emparer de la force développée par la rotation des roues de wagons, et à utiliser cette force au serrage et au desserrage des freins et à la production de signaux d'avertissement. Le mécanicien, lui-même, peut instantanément établir ou suspendre les courants fournis par les piles électriques, et commander, sans le secours d'aucun intermédiaire, l'action des freins distribués de la manière qu'on le désire.

Des expériences, dont nous verrons plus loin les résultats, ont été faites sur les chemins de fer de l'Est en France et sur le réseau de l'État en Belgique. Les trains qui ont servi à ces essais, se composent de dix à douze véhicules, y compris les deux fourgons à bagages, lesquels sont munis de freins.

Le premier fourgon est immédiatement placé à la suite du tender, et le deuxième fourgon se trouve à la queue du train. Chacun de ces fourgons porte, indépendamment de trois électro-aimants, une pile de six éléments de Daniel, alimentée avec des cristaux de sulfate de cuivre. Une petite corde de quatre ou cinq fils de cuivre, entourés d'une enveloppe isolante de caoutchouc, part du pôle positif du fourgon de tête et se dirige vers le

tender, où elle est interrompue par un commutateur placé sous la main du mécanicien; puis, de là, va se rattacher au pôle négatif de la pile du fourgon de queue, en longeant le côté droit de toutes les voitures du convoi. Une seconde corde semblable part du pôle positif de la pile et va se rattacher, en longeant le côté gauche des voitures, au pôle négatif de la pile du fourgon de tête. Il en résulte que, pendant la marche régulière, il circule, d'un bout à l'autre du train, un courant continu, appelé courant général, qui instantanément peut être interrompu par le mécanicien, au moyen du déplacement de la manivelle de son commutateur. Par l'interruption du courant, on détermine, avec une rapidité d'autant plus grande que le train va lui-même plus vite, le serrage simultané des freins placés sur les fourgons de tête et de queue, et on met en mouvement les sonneries disposées sur ceux-ci. L'intensité du serrage est limitée par un appareil dynamométrique.

Ces données générales étant établies, décrivons, d'après M. Achard, les combinaisons qu'il a imaginées et les perfectionnements successifs qu'il a apportés à son appareil, lequel est représenté en la planche 49.

La force de rotation des roues est transmise au grand levier de l'arbre des freins actuellement en usage, au moyen d'un excentrique B, fixé sur l'un des essieux, et d'un levier C, articulé au châssis et maintenu appuyé sur l'excentrique par un ressort H (fig. 1 et 2). Cet excentrique B, pendant la rotation des roues, imprime un mouvement de va-et-vient au levier C, qui agit à son tour sur une roue dentée F, au moyen d'un cliquet E, et lui communique un mouvement de rotation auquel participe l'arbre M. Sur ce dernier est adapté solide-

ment un cylindre magnétique N, composé de plusieurs bobines électriques horizontales disposées circulairement. Deux manchons en fonte OO (fig. 2) sont enfilés sur le même arbre comme des poulies folles, de chaque côté du cylindre magnétique. En regard des pôles des bobines, les manchons s'épanouissent et présentent deux disques en fer doux (1) susceptibles de s'appliquer exactement contre ces pôles.

Les deux manchons font, au besoin, fonction de cabestan pour exercer sur le grand levier (2) de l'arbre des freins une forte traction, au moyen d'une chaîne (3) à trois bouts et de transmissions connues, et c'est cette traction qui force les sabots à se rapprocher des bandages et à appuyer avec une pression progressivement croissante jusqu'au calage complet des roues.

En marche, la transmission de la force de rotation des roues ne doit avoir lieu que lorsqu'il s'agit de serrer les freins et de produire des signaux d'avertissement.

A l'état normal, toutes les pièces sont maintenues en suspens par un électro-aimant à quatre pôles K, fixé au châssis, et deux armatures ou glissières I, I, articulées sur le levier moteur C et sur le même axe que le cliquet E, qui commande la roue dentée F. Le courant électrique d'une pile agit constamment sur cet électro-aimant K° et y développe une adhérence capable de maintenir en haut de leur course les deux armatures ou glissières I, I, malgré le poids du levier C et l'action du ressort H. Par suite, le levier moteur C reste fixé à la limite supérieure de son oscillation, et l'excentrique tourne impunément au-dessous sans l'atteindre.

Lorsque le mécanicien *veut serrer les freins,* il lui suffit, ainsi que nous l'avons vu, de porter, de gauche à droite,

la petite manivelle du commutateur, vissé sur la paroi du tender, et auquel aboutissent les fils électriques qui gouvernent le cylindre magnétique des manchons et l'électro-aimant K des glissières. Par ce mouvement, le mécanicien interrompt le courant électrique autour de l'électro-aimant K des glissières et le rétablit autour du cylindre magnétique. Aussitôt le levier moteur C, n'étant plus retenu par l'adhérence, cède à son propre poids et à l'action du ressort H, tombe sur l'excentrique B, qui lui imprime un mouvement de va-et-vient, lequel se convertit en un mouvement de rotation de l'arbre M, au moyen du cliquet moteur et de la roue dentée F. Du même coup, les pôles du cylindre magnétique deviennent actifs et saisissent fortement par adhérence les deux manchons. Ces derniers, devenus solidaires avec l'arbre M, tournent avec lui et enroulent la chaîne de plus en plus, exerçant ainsi une action considérable sur le levier du frein, et par suite une pression croissante sur les bandages, qui produit le calage complet des roues.

Pour *exercer une pression constante sur les bandages sans enrayer complétement les roues*, il suffit de rétablir le passage du courant électrique à travers l'électro-aimant K des glissières, un instant après l'avoir interrompu, tout en le laissant circuler dans le cylindre magnétique. Les coups du cliquet moteur E, cessant sur la roue dentée F, l'arbre M des manchons cesse de tourner, la chaîne reste tendue et maintient les sabots (5) appuyés contre les bandages avec une pression qui reste constante.

Le *desserrage des freins* a lieu en reportant la petite manivelle du commutateur de droite à gauche dans sa position normale; le courant est aussitôt interrompu dans le cylindre magnétique, l'adhérence disparaît, les man-

chons redeviennent fous et la chaîne (4) se déroule; par suite, les sabots (5) s'éloignent des bandages et les roues peuvent tourner librement; le courant électrique est du même coup rétabli dans l'électro-aimant K des glissières; ces dernières sont saisies par l'aimantation et maintenues en haut de leur course, tenant ainsi le levier C et le cliquet moteur E suspendus en dehors de l'excentrique B. Cette manœuvre permet au mécanicien de produire, dans le même arrêt, plusieurs serrages et desserrages successifs très-rapprochés les uns des autres, de manière à éviter la formation de facettes trop prononcées sur un même point, lorsque les roues entièrement calées glissent longtemps sur les rails.

On peut établir la *communication du fourgon de tête avec celui de l'arrière, par la cloche du fourgon de tête*, car en interrompant le courant électrique partout, aussi bien dans l'électro-aimant des glissières que dans le cylindre magnétique, on fait tourner l'arbre M et avec lui la roue à cames A, qui fait mouvoir le levier S, dont l'extrémité est attachée au marteau d'un timbre fixé en haut et sur l'avant du fourgon de tête. Ce timbre retentit aux oreilles du mécanicien et du chauffeur et même du chef de train, tant que le courant électrique est partout interrompu.

Ce timbre se fait même entendre forcément chaque fois qu'on produit le serrage, jusqu'au moment où les roues cessent de tourner. Il en est de même toutes les fois que, par une cause quelconque, le courant se trouve interrompu. Telles sont les ruptures d'attelages et les simples ruptures de fils; la cloche sonne alors automatiquement et indéfiniment jusqu'à l'arrêt complet du train.

Il résulte des dispositions ci-dessus qu'en cas de rup-

ture d'attelages, les quatre fils conducteurs nécessaires pour la transmission des deux courants d'un bout du train à l'autre étant nécessairement rompus, aucun de ces deux courants ne peut circuler.

Une *deuxième combinaison* imaginée par M. Achard aurait pour avantage de serrer le frein d'arrière d'une manière automatique, en cas de rupture d'attelage, sans l'intervention du garde-frein. Alors, il n'y a qu'un seul courant, et par suite deux fils seulement circulent le long du train : ce sont ceux de l'électro-aimant des glissières qui commande le levier et le cliquet moteur.

Les fils correspondants au cylindre magnétique ne sortent pas de la voiture sur laquelle l'appareil à embrayage électrique est installé; ils aboutissent à la pile de cette voiture, et la circulation et l'interruption du courant sont commandées par un *électro-aimant* E^2 *de relais* faisant fonction d'interrupteur.

Dans le cas de cette deuxième combinaison, le courant circule, *pendant la marche,* à travers l'électro-aimant K des glissières (fig. 4); le mouvement est suspendu au levier C et au cliquet moteur E; le même courant circule à travers l'électro-aimant de relai E^2; l'armature F^2 est fortement maintenue en contact avec les pôles par la force d'adhérence; le contact G^2 du courant destiné au cylindre magnétique est à son tour forcément tenu à distance de la plaque K^2, et empêche le courant électrique de circuler à travers le cylindre magnétique (fig. 1 et 2).

S'agit-il de *serrer le frein* ? le mécanicien porte, de gauche à droite, la petite manivelle du commutateur, placée à sa disposition. Par ce mouvement, il interrompt le courant de l'électro-aimant des glis-

sières, et par suite dans l'électro-aimant de relais E². L'armature F² s'éloigne des pôles et va fermer le circuit du cylindre magnétique (fig. 1 et 2), en faisant toucher le contact G² avec la plaque en cuivre K². L'aimantation du cylindre magnétique se produit instantanément. Les deux manchons sont saisis par l'adhérence; ils deviennent solidaires avec l'arbre M qui les porte, et la chaîne de traction (4) s'enroule pendant que le clique moteur E fait tourner ce même arbre au moyen de la roue dentée F; les sabots (5) pressent de plus en plus sur les bandages et calent complétement les roues.

Le mécanicien opère le ***desserrage des freins*** en reportant, de droite à gauche, la petite manivelle du commutateur; il rétablit ainsi le courant électrique avec l'électro-aimant des glissières, et par suite à travers l'électro-aimant de relais E². L'armature de ce dernier, vivement attirée par l'aimantation, sépare le contact G² de la plaque de cuivre K², et aussitôt le courant est interrompu à travers le cylindre magnétique; les manchons, n'étant plus retenus par l'adhérence magnétique, redeviennent fous sur l'arbre M, et la chaîne se déroule instantanément, ce qui permet aux sabots (5) de s'éloigner des bandages et aux roues de tourner librement.

Si les fils sont rompus par une rupture d'attelages ou s'ils sont interceptés par un interrupteur électrique, dans l'un comme dans l'autre cas, le courant de l'électro-aimant des glissières est interrompu, et cela suffit pour que les freins se serrent à l'avant et à l'arrière.

En plaçant des interrupteurs à portée des employés ou même des voyageurs, ils peuvent, en cas de danger imminent, faire serrer tous les freins et arrêter au besoin le convoi, ou produire un avertissement.

Si les employés ne veulent produire qu'un signal, un avertissement sur le fourgon de tête et sur la locomotive, pour le mécanicien et le chef du train, il suffira qu'ils rétablissent le courant aussitôt qu'ils l'auront interrompu ; de cette manière, les freins n'auront pas le temps de se serrer, une fraction de la chaîne (4) s'enroulera sur les manchons et se déroulera presque instantanément, et la pression ne pourra pas s'exercer sur les bandages ; mais la sonnerie se fera entendre, puisque l'arbre, porteur de la roue à cannes R, prendra un mouvement de rotation.

Un *autre perfectionnement* apporté par M. Achard à son appareil consiste à remplacer les huit bobines ou électro-aimants, dont se compose le cylindre magnétique, par un *seul électro-aimant* à quatre pôles, entièrement nouveau dans la forme et la disposition des fils conducteurs.

Il consiste en deux cylindres ou bouts de tuyaux en fer doux, enfilés l'un dans l'autre A^1 et $A^{1.2}$, de manière à être concentriques; (fig. 6) ils sont solidement liés ensemble par deux rondelles en cuivre B', B' d'environ trois centimètres de largeur engagées aux deux extrémités entre les deux cylindres A^1 et $A^{1.2}$, de telle sorte, que les bords de ces derniers dépassent d'environ deux centimètres extérieurement. Entre les deux rondelles B',B' et sur le cylindre intérieur se trouve enroulé en hélice un fil conducteur remplissant tout l'intervalle annulaire compris entre les deux cylindres. Deux plateaux en cuivre D',D', clavetés sur l'arbre M, servent à fixer solidement tout le système sur ce dernier, au moyen de huit clavettes en bronze C',C',C',C', qui traversent le cylindre extérieur $A^{1.2}$, les deux rondelles en cuivre B',B et les

deux plateaux en cuivre D′,D′,D′. Les deux bouts du fil conducteur, soigneusement recouverts et enveloppés dans un petit tube en caoutchouc ou de toute autre matière isolante, traversent la rondelle en cuivre B′B′ et le bout du cylindre A^{12}, et viennent se fixer à deux cercles de friction E′E′, isolés par des traverses en bois fixées sur le cylindre extérieur, comme pour le cylindre magnétique à huit bobines.

C'est par ces cercles de friction que passe le courant électrique au moyen de deux ressorts auxquels sont attachés les fils conducteurs de la pile.

Quant aux deux manchons sur lesquels doit agir la force d'adhérence magnétique de l'électro-aimant unique, ils sont exactement construits comme les premiers qui ont été décrits, et ils fonctionnent de la même manière.

Un *dernier perfectionnement* a pour objet de limiter à volonté la pression sur les bandages des roues. Pour cela, au lieu d'attacher directement la chaîne de traction (4) au châssis du wagon, par un crochet rigide, on la fixe à un ressort puissant R′ (fig. 3) susceptible de fléchir sans rompre, sous une pression qui varie de 200 à 2,000 kilogs.

Ce ressort est fixé d'abord sur une plaque en fer H′, et le tout est fortement boulonné au châssis; un tourillon est enfilé dans l'œil du ressort, et, sur ce tourillon, un crochet à chappe K′ qui s'appuie sur les deux côtés. Aux deux extrémités du tourillon sont emmanchés solidement deux cylindres en bois L′, armés chacun d'un anneau extérieur en cuivre, qui se trouve ainsi isolé. C'est à cet anneau qu'aboutit le fil conducteur M′; un fil semblable existe sur l'anneau opposé à celui qui est visible dans la

figure 3 : Ces deux fils remplissent la même fonction, et ils donnent plus de sécurité pour le bon fonctionnement.

Sur la plaque fixe H′, comme support, se trouve un levier en bois N′ à deux branches, dont une seule est visible sur la figure 3. Ce levier est articulé sur le tourillon P′, reposant sur le double support O′; ce même levier appuie constamment par son propre poids, et au besoin par l'effet d'un ressort, sur les deux anneaux en cuivre des cylindres en bois L′. Le contact métallique se fait sur une plaque S′, ou plutôt sur deux plaques en cuivre encastrées dans chacun des leviers en bois.

Le fil conducteur Q′ est soudé à chacune de ces plaques S′, dont une seule est visible.

Ces dispositions étant prises, on détourne le courant du cylindre magnétique N des manchons O, O (*fig.* 1 et 2) pour le faire passer, d'une part, par les deux fils M′ et les deux anneaux L′; d'autre part, par les deux fils Q′ et les deux plaques S′.

Pendant qu'on effectue le serrage des freins, la chaine de traction se tend ; elle fait fléchir le ressort R′, à l'extrémité duquel elle est attachée ; l'anneau en cuivre glisse sur la plaque de cuivre S′, qui a une longueur limitée ; la tension de la chaîne augmentant, l'anneau L′ continue à s'abaisser et finit par échapper, la plaque S′ ne portant plus que la partie en bois du levier N′.

Par ce fait, le courant du cylindre magnétique se trouve interrompu, et le desserrage se produit ; les manchons n'étant plus retenus par l'adhérence magnétique, la chaîne (4) se déroule d'elle-même ; mais, en même temps que cette chaîne perd sa tension, le ressort R′ remonte vivement et rétablit le contact entre l'anneau L′ et la plaque S′. Le courant circule de nouveau dans

le cylindre magnétique, et le frein serre jusqu'à ce que la chaîne dépasse la tension qui fait échapper le contact.

Il résulte de cet arrangement une suite de serrages et de desserrages qui se succèdent très-rapidement, sans dépasser la limite de pression qu'on désirait obtenir en plaçant le double levier.

Les nombreuses expériences faites sur le réseau de l'Est prouvent qu'un train lancé à 70 kilomètres en moyenne, et composé de 7 à 10 véhicules, les fourgons pesant 7,000 kilog. et chargés d'environ 1,200 kilog. de bagages, est arrêté :

A 650 mètres environ, avec un seul appareil électrique placé en tête du train.

A 500 mètres environ, avec deux appareils électriques, l'un placé en tête du train, l'autre à la queue, et agissant simultanément.

A 350 mètres, avec les trois freins, c'est-à-dire celui du tender et les deux freins des fourgons.

La dépense est de 60 à 65 centimes pour vingt-quatre heures.

Des expériences faites en Belgique sur la ligne de Bruxelles à Ostende, il résulte :

1° Qu'un express, faisant 70 kilomètres à l'heure, est arrêté à une distance qui varie entre 300 et 400 mètres, suivant l'état de la voie;

2° Qu'un train omnibus, faisant 45 kilomètres à l'heure, est arrêté à une distance qui varie de 150 à 250 mètres, suivant l'état de la voie.

La dépense en sulfate de cuivre est d'environ 45 centimes par jour, et les fourgons sont retirés un jour sur dix pour l'entretien et le renouvellement des piles.

D'autres systèmes de freins, très-connus, et appliqués,

avec succès, sur plusieurs chemins de fer français, ont été distingués par le jury. Nous citerons :

1° Celui de MM. les ingénieurs *Molinos* et *Pronnier*, avantageux surtout pour les fortes rampes et appliqué au chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse. Il a obtenu la médaille de bronze.

2° Celui de M. Guérin, perfectionné par M. *Doré*, inspecteur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est. Mention honorable.

HOLLANDE.

XLII

Les Pays-Bas nous montrent d'abord une voiture à voyageurs de toutes classes, construite par la *Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, à La Haye,* qui a obtenu la mention honorable. Le châssis est en fer, avec traverses en bois. Les compartiments sont mis en communication au moyen de petites fenêtres ou jalousies disposées des deux côtés et qui servent sans doute à protéger les voyageurs les uns contre les autres. C'est une voiture extrêmement confortable; mais sa construction est un peu massive.

—

M. *Beijnes, à Harlem,* a obtenu la médaille de bronze pour la voiture mixte qu'il a exposée. Elle est composée de quatre compartiments très-élevés et pourvus d'excellents ventilateurs : deux de première classe, bien aménagés et très-confortables ; deux de deuxième classe présentant le seul défaut d'être aussi confortables que les compartiments des premières qui deviennent alors superflus.

En résumé, c'est une voiture très-confortable, qui présente, dans ses bonnes dispositions, la forme massive des véhicules de ce pays.

TABLE DES MATIÈRES.

AUTRICHE.

ANGLETERRE.

FRANCE.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

BELGIQUE.

PRUSSE.

GRAND-DUCHÉ DE BADE.

ITALIE.

ANGLETERRE.

FRANCE.

MATÉRIEL DE TRANSPORT.

BELGIQUE.

PRUSSE.

CONFÉDÉRATION SUISSE.

FRANCE.

HOLLANDE.

———

TABLE ANALYTIQUE

DES PLANCHES.

—

PLANCHE 1.

Élévation et plan de la locomotive à quatre roues couplées et à essieu intermédiaire de la Société anonyme de Couillet et de Marcinelle.

PLANCHE 2.

Élévation de la machine à six roues couplées de la Compagnie belge de machines et de matériels, à Bruxelles.

PLANCHE 3.

Vues d'arrière et d'avant de la machine de la Compagnie belge.

PLANCHE 4.

Coupes suivant les lignes AB et CD de la machine de la Compagnie belge.

PLANCHE *4 bis*.

Élévation de la locomotive express à six roues, dont quatre couplées, de la Société John Cockerill, à Seraing. — Système Belpaire.

PLANCHE *4 ter*.

Mouvement des tiroirs de la machine de la Société John Cockerill. — Système Belpaire.

PLANCHE 5.

Élévation de la machine à fortes rampes de la Société Saint-Léonard, à Liége. — Système Vaessen. — Six roues couplées et train-bogie.

PLANCHE 6.

Détails du train articulé, avec déplacement latéral par plans inclinés. — Système Vaessen.

PLANCHE 7.

Élévation de la locomotive mixte, à six roues, dont quatre couplées, de Borsig, de Berlin.

PLANCHE 8.

Élévation et coupes suivant les lignes AB, CD et EF d'une machine à six roues couplées. — Système Krauss de Munich.

PLANCHE 9.

Coupes et détails divers de la locomotive à quatre roues couplées du système Krauss.

PLANCHE 10.

Élévation de la machine à quatre roues couplées du système Krauss.

PLANCHE 11.

Élévation de la machine avec tender à huit roues couplées de M. Sigl, de Vienne. — Système Hall — locomotive destinée au chemin de fer de Moscou à Kursk.

PLANCHE 12.

Coupes de machines à voyageurs et à marchandises du système Hall, d'une part, et à châssis intérieurs et cylindres extérieurs, d'autre part.

PLANCHE 13.

Élévation d'une machine à six roues couplées du système Hall.

PLANCHE 14.

Élévation de la locomotive « Steierdorf » de la société des chemins de fer de l'État en Autriche. — Dix roues couplées formant deux groupes distincts.

PLANCHE 15.

Détails de l'accouplement des essieux non parallèles de la locomotive Steierdorf.

PLANCHE 16.

Détails de l'accouplement des essieux de la machine Krassova construite d'après la Steierdorf.

PLANCHE 17.

Fig. 1. — Élévation et plan d'un projet de locomotive, à deux trains de deux essieux chacun et à roues toutes couplées, de la société des chemins de fer de l'État en Autriche.

Fig. 2. — Élévation et plan d'un projet de locomotive, à deux trains mobiles et à trois essieux parallèles, de la même société.

PLANCHE 18.

Fig. 1. — Élévation de la machine express, à deux grandes roues motrices et à quatre roues de support, de Stéphenson, de Newcastle.

Fig. 2. — Élévation de la locomotive mixte à six roues couplées de Kitson, de Leeds.

PLANCHE 19.

Élévation de la machine à six roues couplées du Creusot.

PLANCHE 20.

Plan de la machine à six roues couplées du Creusot.

PLANCHE 21

Coupes suivant les lignes AB et CD de la machine à six roues couplées du Creusot.

PLANCHE 22.

Élévation de la locomotive express du Creusot, à deux grandes roues motrices et quatre roues de support.

PLANCHE 23.

Coupe longitudinale de la locomotive express du Creusot.

PLANCHE 24.

Plan de la locomotive express du Creusot.

PLANCHE 25.

Coupes suivant les lignes AB et CD de la locomotive express du Creusot.

PLANCHE 26.

Plan de l'appareil à contre-vapeur des chemins de fer du Nord de l'Espagne. — Grandeur d'exécution.

PLANCHE 27.

Fig. 1. Profil de la ligne de Figeac à Arvant. — Chemin de fer de Paris à Orléans.

Fig. 2. — Élévation de la machine à dix roues couplées du chemin de fer de Paris à Orléans. — Forquenot.

Fig. 3. — Appareil à contre-vapeur appliqué à la machine du chemin de fer de Paris à Orléans. — Disposition générale des purgeurs.

PLANCHE 28.

Fig. 1. — Élévation de la machine à huit roues couplées de la participation Cail et Fives-Lille. Type du chemin de fer du Nord. — Petiet.

Fig. 2 et 3. — Élévation et coupe de l'appareil de translation de Caillet.

Fig. 4. — Plan de l'injecteur Giffard. — Disposition Turck.

PLANCHE 29.

Fig. 1. — Attelage avec barre rigide du système Stradal.

Fig. 2. — Attelage avec barre formant tendeur du même système.

PLANCHE 30.

Élévation de la machine à douze roues couplées du chemin de fer du Nord, système Petiet.

PLANCHE 31.

Élévation de la locomotive mixte américaine, de Grant, de New-Jersey. — Quatre grandes roues couplées et train-bogie.

PLANCHE 32.

Élévation de la locomotive de gare à six roues couplées des chemins de fer de l'État belge. — Belpaire.

PLANCHE 33.

Élévation de la locomotive à tender-moteur du Grand-Central belge. — Machine et tender, chacun six roues couplées. — Mce Urban.

PLANCHE 34.

Élévation de la locomotive express de Hartmann, à Chemnitz. — Quatre grandes roues couplées et deux roues de support.

PLANCHE 35.

Coupes suivant les lignes AB et CD de la locomotive express de Hartmann.

PLANCHE 36.

Élévation de la machine à six roues couplées des ateliers de Carlsruhe.

PLANCHE 37.

Coupes suivant les lignes AB et CD de la machine à six roues couplées des ateliers de Carlsruhe.

PLANCHE 38.

Fig. 1. — Élévation de la machine à quatre roues couplées, pour le service des chantiers de terrassements, de Peteau, à Paris.

Fig. 2. — Coupes suivant les lignes AB et CD de la machine de Peteau.

PLANCHE 39.

Fig. 1. — Élévation de la machine articulée du système Meyer, à adhérence totale. Type à quatre essieux.

Fig. 2 et 3. — Coupes transversales par les pivots de l'avant-train et de l'arrière-train.

PLANCHE 40.

Fig. 1 à 9. — Élévation de neuf types de machines à adhérence totale du système Meyer.

PLANCHE 41.

Fig. 10 à 14. — Élévation de cinq types de machines à adhérence partielle du système Meyer.

PLANCHE 42.

Élevation et coupe longitudinale de la voiture mixte de Lüders, de Goërlitz.

PLANCHE 43.

Plan du châssis de la voiture mixte de Lüders.

PLANCHE 44.

Coupes de la voiture mixte de M. Lüders.

PLANCHE 45.

Élevation d'une voiture à deux etages. — Disposition générale.

PLANCHE 46.

Élévation, plan et vue par bout du châssis en fer de la voiture à deux étages du système Vidard.

PLANCHE 47.

Élévation, plan et coupes du wagon à traverses mobiles et à longueur variable pour le transport des bois en grume. — Système Bournique et Vidard.

PLANCHE 48.

Élévation du frein Stilmant.

PLANCHE 49.

Fig. 1. — Élévation du frein électrique, système Achard.
Fig. 2. — Plan id. id.
Fig. 3 à 7. — Détails divers id. id.

